차 례

문 제 편

답 편

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《하나의 지식을 알아도 그것을 실천에서 능숙하게 활용할줄 아는 산 지식으로 만들어야 합니다.》

물리과목에 대한 련습을 강화하는것은 과학적인 리론과 원리들을 더 깊이 인식하고 실천능력을 높이는데서 중요한 의의를 가진다.

물리문제집(제1중학교 제6학년용)에서는 물리를 배우는 학생들이 수업에서 배운 물리학의 기본개념들과 법칙들을 더욱 폭넓고 깊이있게 리해하며 현실문제들을 풀수 있게 하는 기능을 키워주는데 기본을 두었다.

이 물리문제집은 제1중학교 제6학년 물리교과서의 내용에 따라 문제들을 비교적 쉽고 간단한것으로부터 점차 현실적이면서도 어렵고 복잡한 문제들에로 넘어가면서 체계적으로 제시하였으며 뒤에는 답을 주었다.

지나치게 어려운 문제들에 대해서는 참고로 볼수 있도록 풀이과정을 요약하여 주었다.

학생들은 문제내용을 깊이 파악하고 배운 지식들을 남김없이 활용하여 폭넓게 사색하고 자체의 힘으로 끝까지 풀어보는 과정에 사고력과 상상력, 응용능력을 키워나가야 한다.

문제가 어렵다고 하여 쉽게 뒤답을 찾아보거나 함축하여 제시된 풀이과정을 따져보지도 않고 그대로 받아들이는 일이 없어야 한다.

학생들은 더 많은 물리지식을 소유하기 위하여 열심히 배우고 또 배워 경애하는 **김정은**원수님의 령도따라 우리 나라를 강성부흥하는 백두산대국으로 빛내이는데 한몫 이바지하는 믿음직한 후비대로 더욱 튼튼히 준비해나가야 한다.

《실력은 꾸준하고 정력적인 학습의 열매이다.》

김정일

문 제 편

제1장. 기하광학

1. 다음의 ( )안에 알맞는것을 써넣어라.
   먼곳의 별을 보면 별은 실제높이보다 ( )보인다.
   ㄱ) 더 낮게 ㄴ) 더 높게 ㄷ) 같게
2. 다음의 ( )안에 알맞는것을 써넣어라.
   물우에서 물속의 물고기를 보면 ( )보인다.
   ㄱ) 떠올라와 있는것처럼
   ㄴ) 제자리에 있는것으로
   ㄷ) 떠올라오면서도 더 가까이에 있는것으로
   ㄹ) 떠올라오면서도 더 멀리에 있는것으로

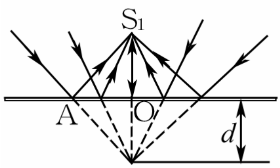


그림 1-1

3. 그림 1-1에서 점 S로 모여드는 빛선들의 행로에 평면거울을 놓았다. 반사된 후 빛선들은 점 S_1에 모인다. 점 S로부터 거울까지의 거리가 d일 때 거울에 대한 점 S_1의 위치를 결정하여라.

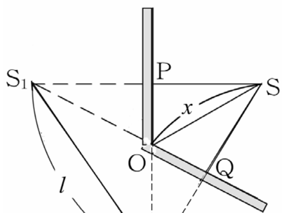


그림 1-2

4. 서로 120°의 각을 이루는 두 평면거울면사이각의 2등분선우에 점광원 S가 놓여있다. 광원의 허영상들사이거리가 l=0.35m 일 때 각의 정점에서 광원까지의 거리 x를 구하여라.(그림 1-2)
5. 사람이 평면거울을 향하여 다가갈 때 영상은 사람과 같은 속도로 거울에 다가오며 사람이 멈춰서있고 거울을 사람쪽으로 움직일 때에는

영상이 그의 2배되는 속도로 사람에게 다가온다는것을 증명하여라.

6. 드림선방향으로부터 α=30° 기울어져서 서있는 막대기가 있다. 평면거울을 맞춤하게 놓았더니 막대기의 영상이 바로 서서 드림선방향으로 놓였다. 평면거울과 드림선방향사이의 각을 구하여라.

7. 어떤 기둥을 강바닥에 박았는데 높이의 일부인 h_1=1m가 물우에 나와있다. 수평선과 태양사이각이 α =45°이고 강물의 깊이가 h_2=3m일 때 강바닥에서의 기둥그림자의 길이 l을 구하여라. 물의 굴절률은 4/3이다.(그림 1-3)

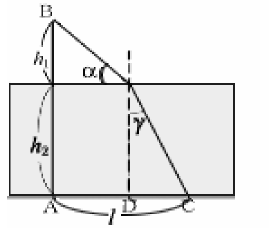


그림 1-3

8. 두께가 고르로운 평평한 유리판이 있다. 여기에 경사지어 빛을 비추었을 때 이 유리판을 뚫고나온 빛선과 입사한 빛선의 방향사이에 어떤 관계가 있는가?

9. h만 한 깊이의 물속에 있는 점 A가 물면과의 각이 30° 되는 방향에서 보인다. 이 점은 얼마만 한 깊이에 있는것처럼 보이겠는가? 물의 굴절률은 4/3이다.(그림 1-4)

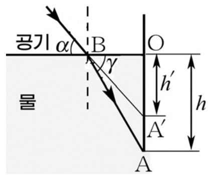


그림 1-4

10. 너비가 3cm인 평행빛선이 공기에서 유리로 45°의 입사각으로 입사한다. 경계면에서 굴절된 후 평행빛선의 너비를 구하여라. 유리의 굴절률은 1.5이다.

11. 굴절률이 n인 투명한 평행평판을 통하여 판에 수직인 방향으로 물체를 볼 때 판의 두께 d의 $\frac{n-1}{n}$배만큼 가깝게 보인다는것을 증명하여라.

12. 물통 밑바닥에 두께가 d_1인 유리판이 깔려있다. 여기에 물을 부어 물깊이가 d_2이 되게 하였다. 이것을 곧바로 우에서 내려다보면 유리판의 밑바닥은 물면으로부터 얼마만한 깊이로 보이는가? 유리와 물의 굴절률은 각각 n_1, n_2이다.(그림 1-5)

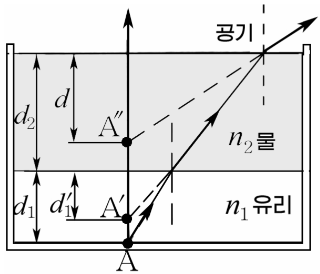


그림 1-5

13. 밑면을 은도금한 평행평면유리판에

30°의 입사각으로 파장이 다른 두 빛이 입사한다. 유리의 굴절률은 한 파장의 빛에 대하여서는 n_1, 다른 파장의 빛에 대해서는 $n_2(n_2>n_1)$이다. 빛선이 판의 웃면에서 굴절되였다가 아래면에서 반사되고 다시 웃면에서 굴절된 결과 두개의 빛선으로 갈라졌다. 판의 두께가 H일 때 판을 통해 나오는 두 빛선사이거리는 얼마인가?

14. 굴절률이 n인 투명평행평판의 앞면에 정각이 α인 원뿔형의 보임빛선이 입사한다. 앞면에 입사한 빛점의 직경은 d이다. 판을 지난 후 뒤면에서 빛점의 직경이 $d/2$로 되게 하자면 판의 두께를 얼마로 하여야 하겠는가? (그림 1-6)

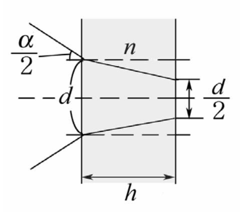


그림 1-6

15. 곡률반경이 1m인 오목거울의 빛축으로 질량이 0.02kg, 전기량이 q_1=5×10^{-9}C, 속도가 3m/s인 대전체가 매우 먼 곳으로부터 날아든다. 거울의 중심에는 전기량 $q_2(q_2>0)$이 놓여있다. 거울로부터 운동하는 물체의 영상까지의 거리와 물체까지의 거리가 같아졌을 때 물체가 멎었다면 전기량 q_2은 얼마인가?

16. 곡률반경이 60cm인 오목거울이 그림 1-7과 같이 수평으로 놓여있다. 거울의 오목면에 굴절률이 4/3인 물을 채워넣었을 때 오목거울의 초점거리는 얼마인가? 물의 깊이는 오목거울의 곡률반경에 비해 매우 작으며 근축빛선인 경우에는 $\sin\alpha \approx \tan\alpha$이다.

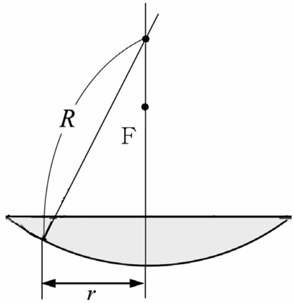


그림 1-7

17. 평면거울과 곡률반경이 20cm인 오목거울을 36cm의 거리를 두고 마주 세운다. 오목거울로부터 빛축우의 12cm 되는 곳에 점광원을 놓으면 영상은 어디에 생기는가?

18. 초점거리가 다같이 10cm인 오목거울과 볼록거울을 25cm의 거리에 마주 세우고 오목거울로부터 15cm앞에 점광원을 놓았다. 두 거울에 의한 영상점의 자리를 구하여라.

19. 아래의 5개 수가운데서 적당한것이 있으면 ( )안에 써넣고 없으면 ( )안에 《×》를 표시하여라.

50,   40,   30,   20,   10

초점거리가 20cm인 볼록렌즈앞에

ㄱ) ( )cm인 곳에 물체를 놓으면 확대된 거꾸로선 실영상이 얻어진다.

ㄴ) ( )cm인 곳에 물체를 놓으면 확대된 바로선 허영상이 생긴다.

ㄷ) ( )cm인 곳에 물체를 놓으면 물체와 같은 크기의 거꾸로선 영상이 생긴다.

ㄹ) ( )cm인 곳에 물체를 놓으면 축소된 허영상이 생긴다.

ㅁ) ( )cm인 곳에 물체를 놓으면 축소된 거꾸로선 실영상이 생긴다.

ㅂ) ( )cm인 곳에 물체를 놓으면 바로선 실영상이 생긴다.

20. 구면거울앞에 물체를 놓았더니 비춤판에 물체의 크기의 0.5배인 영상이 생겼다. 다음 물체까지의 거리를 2배로 늘이면 영상은 물체크기보다 ( )

ㄱ) 더 작아진다. ㄴ) 변하지 않는다. ㄷ) 생기지 않는다.

ㄹ) 2배로 커진다. ㅁ) 3배로 작아진다.

21. 자름면이 바른4각형인 유리막대기가 그림 1-8과 같은 모양으로 구부려져있다. 평행빛묶음이 면 A에 입사하여 빛의 전부가 B에서 빠져나가기 위한 R/d 의 최소값을 계산하여라. 굴절률은 1.5이다.

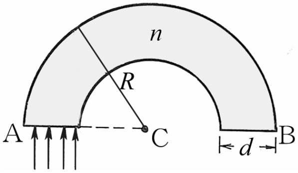


그림 1-8

22. 공기에 대한 굴절률이 1.5인 유리안에 구모양의 공기방울이 있다. 이때 이 공기방울을 향하여 입사하는 센 평행빛선가운데서 입사점의 위치에 따라 공기방울의 겉면에서 전반사되는 빛이 있다. 그 량은 공기방울의 겉면에 입사하는 빛의 몇 %에 해당하는가?

23. 유리로 만든 반원통의 평면우에 빛이 입사각 $\alpha=45°$로 입사한다.(그림 1-9) 빛선들은 원통축에 수직인 평면안을 통과한다. 반원통의 얼마만한 부분(φ의 범위)으로부터 빛선들이 나오겠는가? 유리의 굴절률은 $n=\sqrt{2}$ 이다.

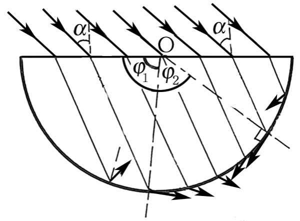


그림 1-9

24. 2등변직각프리즘의 밑면이 굴절률이 4/3인 액체속에 약간 잠겨있다. 면 BC에 수평방향으로 입사한 빛이 굴절되였다가 면 AB에서 반사된 후 유리와 액체의 경계인 AC면에서 전반사되게 하려면

유리의 굴절률은 얼마로 되여야 하는가? (그림 1-10)

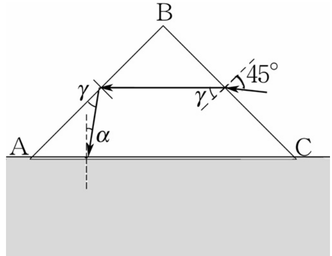


그림 1-10

25. 굴절률이 n인 투명한 물질로 되여있는 직6면체의 웃면에 빛이 입사각 α로 입사한다.(그림 1-11)

ㄱ) 빛선이 옆면에서 전반사될 때의 각 α의 값은 얼마인가?

ㄴ) 웃면을 스치면서 입사하는 빛선이 옆면에서 빠져나갈수 있도록 하기 위해서는 n의 최소값이 얼마여야 하는가?(입사면은 웃면과 옆면의 사귐선에 수직이다.)

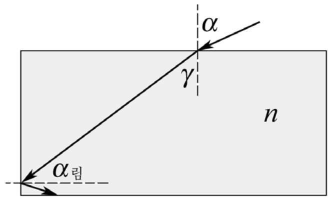


그림 1-11

26. 유리구안에 기포(공기방울)가 있다. 전반사를 써서 기포의 직경을 재는 방법을 말하여라.

27. 그림 1-12와 같은 프리즘(굴절률 $\sqrt{3}$)에 단색빛을 비추었을 때 빛이 나가는 길과 굴절각들을 그려넣고 설명하여라.

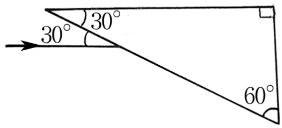


그림 1-12

28. 굴절률이 1.5인 유리로 만든 곡률반경이 서로 다른 구면들로 이루어진 오목렌즈의 광학적세기가 -2.5D이다. 한쪽 구면의 곡률반경이 20cm이라면 다른쪽 구면의 곡률반경은 얼마인가?

이 렌즈를 거쳐 1m앞에 있는 높이가 20cm인 물체를 본다고 하면 어디에 얼마나 큰 영상이 생기겠는가?

※ 렌즈의 광학적세기: $A = \dfrac{1}{f} = (n-1)\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right)$

볼록면의 반경은 +, 오목면의 반경은 -로 표시한다.

29. 초점거리가 f인 볼록렌즈로부터 $a(a < f)$만 한 거리에 정각이 2α인 원뿔이 놓여있다. 원뿔의 대칭축이 렌즈의 빛축에 놓여있다면 원뿔을 바라보는 각은 얼마인가? (그림 1-13)

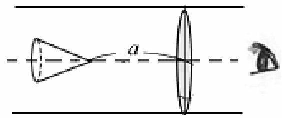


그림 1-13

30. 초점거리가 30cm, 직경이 6cm인 볼록렌즈가 있다. 이 렌즈의 빛

축우에서 렌즈로부터 90cm 떨어진 곳에 광원이 있고 반대쪽 60cm 되는 곳에서 광원의 영상을 본다. 눈을 렌즈축에 수직인 면안에서 움직일 때 영상을 볼수 있는 범위는 얼마인가? (그림 1-14)

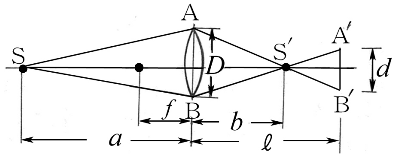


그림 1-14

31. 다음의 ( )안에 알맞는것을 써넣어라.

물체의 실영상이 볼록렌즈로부터 50cm 되는 곳에 생겼다. 이 렌즈와 영상사이에 렌즈로부터 20cm 떨어진 곳에 초점거리가 60cm인 오목렌즈를 놓으면 볼록렌즈에 의한 영상이 오목렌즈에 대해서는 ( )이므로 이곳까지 거리는 ( )이며 영상은 오목렌즈로부터 물체쪽에 ( )인 곳에 생긴다. 그러므로 두 렌즈에 의한 영상은 ( )로부터 ( )로 ( )만큼 ( )진다.

32. 초점거리가 20cm인 볼록렌즈의 30cm 앞에 물체를 놓고 렌즈의 바로 뒤에 평면거울을 놓으면 어디에 영상이 생기겠는가? 또 영상의 자리가 물체의 자리와 같아지자면 물체를 어디에 놓아야 하는가?(그림 1-15)

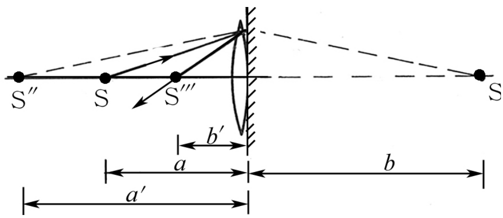


그림 1-15

33. 초점거리가 20cm인 얇은 평볼록렌즈가 있다. 이 렌즈의 평면의 아래 절반부분은 도금되여있다. 볼록면으로부터 30cm 떨어진 곳에 물체가 있을 때 영상은 어디에 생기겠는가?(그림 1-16)

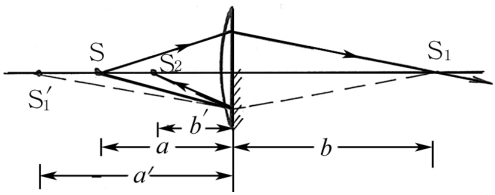


그림 1-16

34. 초점거리가 20cm인 볼록렌즈의 30m 앞을 수직으로 가로 질러 50km/h의 속도로 달리는 자동차의 실영상의 속도를 구하여라.

35. 볼록렌즈에 의하여 n_1배로 확대된 물체의 영상이 비춤판에 생겼다. 비춤판을 d만큼 더 멀리 놓으면 $n_2(n_2>n_1)$배로 확대된 영상을 얻는

다. 이 렌즈의 초점거리는 얼마인가?

36. 두개의 꼭같은 렌즈를 용수철로 이어 매끈한 수평막대기우에서 자유롭게 이동할수 있게 하였다. 렌즈의 질량은 m=200g이다. 초점거리는 f=16cm, 변형되지 않았을 때 용수철의 길이는 $l_0=25\text{cm}$이고 튐성결수는 $k=15\text{N/m}$이다. 처음에 용수철은 변형되지 않은 상태에 있었다. 다음에 한 렌즈가 멎어있는 상태에서 다른 렌즈에 어떤 속도를 주었다. 용수철이 최대로 변형되였을 때 한 렌즈의 영상이 다른 렌즈의 허영상으로 되게 하려면 이 속도는 어떤 조건을 만족해야 하는가?

37. 수평면우에 질량이 M=0.2kg이고 초점거리가 f=10cm인 볼록렌즈가 수직으로 서있다. 질량이 m=50g인 구가 렌즈의 축방향으로 $v_0=5\text{m/s}$의 속도로 운동하다가 렌즈와 튐성충돌을 한 후 튀여났다. 얼마만한 시간동안 물체의 허영상이 생기겠는가? 구가 운동할 때 중력을 무시하며 렌즈와 면사이의 마찰은 없다고 보아라.

38. 초점거리가 f=5cm인 볼록렌즈의 량쪽에서 두마리의 벌레가 $v=2\text{cm/s}$의 속도로 마주오고있다. 처음에 렌즈로부터 벌레들사이 거리가 l_1=20cm, l_2=15cm였다면 얼마만한 시간 후에 첫번째 벌레와 두번째 벌레의 영상이 만나겠는가?

39. 초점거리가 f_1, f_2인 두개의 렌즈를 겹쳐놓고 쓰는 경우에 생기는 영상의 자리는 초점거리가 $\dfrac{f_1 f_2}{f_1+f_2}$인 한개의 렌즈인 경우와 같은 자리에 생긴다는것을 밝히여라.

40. 초점거리가 각각 f_1, f_2인 두 얇은 렌즈 L_1, L_2이 그림 1-17과 같이 $d=f_1+f_2$만큼 떨어져서 무어져있다. 렌즈 L_1의 왼쪽에 물체를 놓을 때 렌즈 L_2의 오른쪽에 실영상을 만들자면 물체의 자리는 어떤 범위에 있어야 하는가?

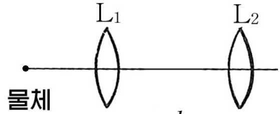


그림 1-17

41. 초점거리가 6cm인 볼록렌즈의 8cm 앞에 물체가 있다. 그리고 같은 빛축우에서 그 렌즈의 뒤에 초점거리가 8cm인 볼록렌즈를 더 놓고 크기가 6배 되는 실영상을 얻으려면 두 렌즈사이의 거리를

얼마로 하여야 하는가?

42. 초점거리가 20cm인 볼록렌즈의 1m앞에 있는 물체의 바로선 실영상을 그 렌즈의 70cm 뒤에 만들기 위해 이 렌즈의 뒤에 다른 렌즈를 하나 더 쓰기로 한다.

ㄱ) 그 렌즈는 볼록렌즈인가, 오목렌즈인가?

ㄴ) 그 렌즈는 초점거리가 10cm이면 처음렌즈로부터 몇cm 뒤에 놓아야 하는가?

43. 그림 1-18과 같이 반경이 r인 오목거울의 중심에 초점거리가 $r/2$인 얇은 볼록렌즈가 있고 렌즈로부터 $2r$ 되는 자리에 물체 AB가 있다. 렌즈와 오목거울에 의하여 생기는 실영상을 그리여라. F와 F′는 볼록렌즈의 초점이다.

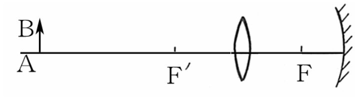


그림 1-18

44. 1.5D의 근시안경을 써야 할 사람의 잘보임거리는 얼마인가? 이때 눈과 안경사이의 거리는 무시한다.(그림 1-19)

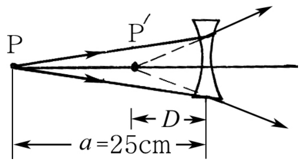


그림 1-19

45. 잘보임거리가 40cm인 사람은 어떤 안경을 쓰면 되겠는가?

46. 눈앞 10cm로부터 20cm까지의 범위에서 물체를 똑똑히 볼수 있는 사람이 먼곳을 볼수 있게 하자면 초점거리가 얼마인 어떤 종류의 안경을 껴야 하겠는가?

47. 잘보임거리가 d인 근시인 사람과 원시인 사람이 책을 읽을 때 껴야 할 안경의 종류와 그의 세기를 구하여라. 정상인 사람의 눈의 잘보임거리는 D이다.

48. 초점거리가 f인 볼록렌즈로 잘보임거리(렌즈의 빛축우에서 렌즈로부터 25cm 떨어진 점)에 허영상을 만들자면 물체를 어디에 놓아야 하는가? 또 이때 배률은 얼마인가? 그리기와 함께 계산하여라.

49. 초점거리가 8cm인 확대경을 잘보임거리가 25cm인 눈앞 1.5cm 거리에 놓고 똑똑히 볼수 있게 하자면 물체를 어디에 놓아야 하는가?

50. 굴절률이 n, 두께가 d인 유리평판의 밑면의 흔적을 보게끔 현미경

을 조절하여놓았다. 웃면의 흔적을 보려면 경통을 ( )만큼 들어올려야 한다.

ㄱ) d ㄴ) nd ㄷ) d/n ㄹ) $d(1-1/n)$

51. 대물렌즈와 대안렌즈의 초점거리가 각각 1.2cm, 5cm인 현미경을 조절하여 잘보임거리에 물체의 영상을 만들었을 때 대물렌즈와 물체의 거리는 1.3cm였다. 현미경의 배률을 구하여라.

52. 초점거리가 1cm인 현미경의 대물렌즈로부터 1.02cm 떨어진 자리에 물체를 놓았을 때 초점거리가 얼마인 대안렌즈를 쓰면 이 현미경의 배률이 500배로 되는가? 잘보임거리는 25cm이다.

53. 한 망원경으로 먼곳에 있는 물체를 볼 때와 가까운 곳에 있는 물체를 볼 때 망원경의 경통의 길이는 어느쪽이 더 긴가? 그 리유를 설명하여라.

54. 대물렌즈와 대안렌즈가 각각 초점거리 36cm, 5cm인 볼록렌즈로 되여있는 망원경이 있다. 이것으로 매우 먼 곳에 있는 물체의 허영상을 대안렌즈의 앞 25cm되는 곳에 만들기 위한 두 렌즈사이의 거리를 구하여라.

55. 초점거리가 1m인 대물렌즈를 써서 배률이 25인 천체망원경을 만들려고 한다. 또 망원경의 경통의 길이를 조절하여 10cm의 가까운 거리에 있는것을 똑똑히 볼수 있게 하자면 대안렌즈의 초점거리, 경통의 최소길이와 최대길이는 얼마로 하여야 하는가?

56. 초점거리가 100cm인 대물렌즈가 달린 망원경으로 처음에 별을 본 다음 가까이에 있는 전등을 보기 위하여 대안렌즈를 15cm 이동시켰다.

ㄱ) 대안렌즈를 어느쪽으로 움직이겠는가?

ㄴ) 전등까지의 거리는 얼마인가?

57. 한대의 초불이 50cm 거리에 있는 한 점을 비치는 비침도는 이 점으로부터 2m 거리에 있는 16cd의 전등 1개와 3m 거리에 있는 18cd의 전등 1개를 동시에 켰을 때와 같다. 초불의 빛세기는 몇 cd인가?

58. 광원으로부터 80cm 떨어져있는 비춤판우에서의 비침도와 광원과

비춤판사이에 유리를 놓고 75cm 떨어져있을 때의 비침도가 같았다. 이 유리판은 빛을 몇% 흡수하였는가?

59. 책으로부터 75cm 앞의 높이 1m되는 자리에 75cd의 전등이 걸려있다. 이것을 탁상등으로 바꾸려고 한다. 탁상등의 자리는 책으로부터 40cm앞 30cm 높이에 있다. 비침도를 처음과 같게 하려면 탁상등의 빛세기를 얼마로 하여야 하는가?

60. 빛세기가 m인 광원 A와 n인 광원 B사이의 거리를 a라고 하면 직선 AB사이에서 두 광원의 비침도가 같아지는 점은 A로부터 얼마 떨어진 곳인가?

61. 일정한 빛세기를 가지는 광원의 곧추 아래 2m 되는 자리에 수평으로 놓인 책상이 있다. 광원으로부터 75cm 떨어진 자리에 빛을 완전히 반사하는 큰 평면거울을 드림선 방향으로 놓았다. 이때 광원의 바로 아래에 있는 책상우의 비침도는 평면거울을 놓지 않았을 때의 몇배로 되는가?(그림 1-20)

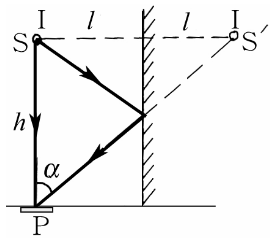


그림 1-20

제2장. 빛 파 동

1. 어떤 단색빛을 두 빛선으로 나누어 한 빛선은 두께가 ℓ=1mm인 물층을 통과시키고 다른 한 빛선은 공기층을 통과시킬 때 두 빛선의 광학적경로차가 0이라면 공기층의 두께는 얼마인가? 물의 굴절률은 4/3이다.
2. 두개의 실틈에 의한 간섭에서 한쪽 광학적경로에 수직으로 얇은 유리판을 놓았더니 중심의 밝은 무늬가 그 다음 밝은 무늬로 옮겨졌다. 광원의 빛파장은 600nm, 유리판의 굴절률은 1.5이다. 유리판의 두께는 얼마인가?
3. 2mm 떨어진 평행인 두 실틈에 수직으로 단색평행빛묶음을 입사시켰더니 2m 뒤에 있는 비춤판에 밝고 어두운 무늬가 생겼다.
   ㄱ) 무늬가 생기는것은 빛의 어떤 성질에 의한것인가를 아래에서 지적하여라.
   굴절, 반사, 분산, 에돌이, 빛쏠림, 간섭, 산란
   ㄴ) 가운데있는 밝은 무늬와 그 다음 밝은 무늬사이의 거리가 0.6mm라면 입사시킨 빛의 파장은 얼마인가?
4. 양그의 실험장치에서 한 빛선의 경로에 길이가 S=2cm인 원통유리관을 실치하였다. 처음에 원통유리관끝에 공기를 넣고 관찰하다가 다음에 염소증기를 넣고 관찰했더니 간섭무늬가 N=20개 이동하였다. 관찰은 나트리움선(λ=589nm)으로 하였다. 염소증기의 굴절률은 얼마인가? 공기의 굴절률은 n=1.000 276이다.
5. 동판의 겉면을 잘 닦은 다음 수평으로 알콜등불의 불길속에 잠간 넣었다가 꺼내면 간섭무늬가 나타난다. 왜 그런가?
6. 비누물막을 수직으로 세우고 붉은색빛을 쪼이면 막에 밝고 어두운 무늬가 생긴다. 막에 풀색빛을 비추어주면 이들사이간격은 어떻게 되겠는가? 다음에서 옳은것을 선택하고 그 근거를 설명하여라.
   ㄱ) 간격이 커진다.
   ㄴ) 간격이 좁아진다.
   ㄷ) 간격이 변하지 않는다.
7. 공기속에 있는 굴절률이 1.5인 얇은 막에 파장이 600nm인 빛이 수직으로 입사할 때 간섭무늬가 생기지 않는다면 막의 두께는 얼마인가?

※ 얇은 막의 웃, 아래면에서 반사된 빛의 경로차를 계산할 때 반파장손실을 따져보아라.

8. 작은 각을 이루는 두 평판유리에 수직으로 파장이 590nm인 빛이 입사할 때 두 판사이의 공기층에 의해 생기는 간섭무늬간격이 1mm 이라면 평판사이각은 얼마인가?

9. 두 유리판사이의 쐐기형공기막에 파장이 520nm인 단색빛을 입사시켰을 때 린접한 두 극대사이거리가 $\triangle l$=0.52nm였다. 두 유리판사이의 각 α는 얼마인가? 만일 유리판사이에 물을 넣으면 띠사이간격은 얼마로 되겠는가? 물의 굴절률은 4/3이다.

10. 굴절률이 n이고 두께가 d인 비누물막에 파장이 λ인 단색빛이 각 α로 입사할 때 반사빛 1, 2사이의 광학적경로차가 $2d\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}-\dfrac{\lambda}{2}$임을 밝혀보아라.

11. 굴절률이 1.5인 얇은 유리판에 파장이 589nm인 평행빛묶음을 30°의 입사각으로 입사시켜 간섭무늬가 나타나게 하려면 유리판의 두께를 적어도 얼마로 해야 하는가?

12. 두께가 d, 굴절률이 n인 얇은 막에 수직으로 흰빛이 입사하여 막의 우와 아래면에서 반사될 때 서로 간섭하여 극소가 되는 두 빛의 파장을 구하고 막의 두께가 커지면 이 두 빛의 파장차가 작아진다는 것을 증명하여라.

13. 굴절률 n'인 렌즈에 굴절률이 n=1.3인 막($n' > n$)을 1.45×10^{-7}m의 두께로 증착시켰다. 이 렌즈는 어떤 빛을 잘 통과시키겠는가?

14. 굴절률이 n_2인 유리로 된 거울겉면에 굴절률이 n인 막을 입히여 ($n_2>n$) 빛의 반사를 더 잘 일으키려고 한다. 거울에 입히는 막의 최소두께는 얼마인가? 처음 빛은 n_1인 매질($n_1<n$)에서 거울로 입사한다.

15. 유리평판과 볼록렌즈사이의 얇은 공기층에 의한 뉴톤고리에서 두번째 밝은 고리(k_2=1)와 세번째 밝은 고리(k_3=2)사이의 거리가 $\triangle r_1$= 1mm이다. 20번째(k_{20}=19), 21번째(k_{21}=20) 고리사이거리는 얼마인가?

16. 뉴톤고리를 관측하기 위한 실험장치에서 렌즈와 유리판사이에 액체를 채우고 빛을 쪼였을 때 4번째 어두운 고리의 반경이 r=3.65mm

였다. 렌즈의 곡률반경이 R=1cm이고 빛의 파장이 $\lambda=5.89\times10^{-7}$m 라면 액체의 굴절률은 얼마인가?

17. 뉴톤고리에서 평볼록렌즈와 유리판사이에 물을 넣으면 공기인 때보다 고리의 반경은 ( )

ㄱ) 커진다. ㄴ) 작아진다. ㄷ) 변하지 않는다.

ㄹ) $\sqrt{4/3}$배로 작아진다.

18. 달이 없는 캄캄한 밤에 별을 보거나 점광원처럼 볼수 있는 전등을 볼 때 눈을 쪼프리고보면 크게 뜨고 볼 때보다 다르게 보인다. 왜 그런가?

19. 얇은 비단천을 통하여 밤에 먼곳에 있는 전등을 보면 전등이 십자모양으로 줄지어있는것처럼 보인다. 왜 그런가?

20. 유리판우에 올려놓은 평볼록렌즈에 의하여 생긴 뉴톤고리에서 이웃한 임의의 두 고리사이의 면적이 차수에 관계없이 일정하다는것을 증명하여라.

21. 구면반경이 각각 R_1, R_2인 두개의 평볼록렌즈를 볼록한 중심점이 접하도록 맞대여놓고 수직으로 평행빛을 입사시켜 뉴톤고리를 얻을 때 k차 극소고리의 반경 r가 $r^2=\frac{k\lambda R_1R_2}{R_1+R_2}$ 임을 증명하여라.(그림 2-1)

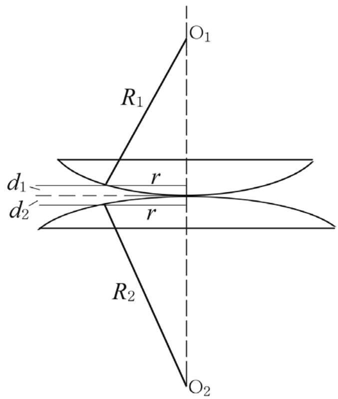


그림 2-1

22. 반사방지막을 씌운 렌즈는 보통 남색과 보라색에 가까운 색을 나타낸다. 왜 그런가?

23. 그림 2-2는 바늘구멍사진기의 원리를 보여준것이다.
바늘구멍사진기의 구멍을 작게 하면 영상은 더욱 똑똑히 생긴다. 그러나 구멍을 지나치게 작게 하면(례를 들면 0.01mm 정도) 영상은 다시 희미해지며 똑똑히 생기지 못한다. 이 두가지 현상을 아래에 제시한것들중에서 어느것과 특

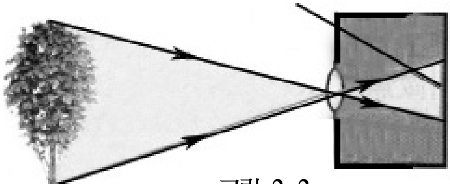


그림 2-2

별히 관계되는가를 3개 골라 표시하여라.

ㄱ) 빛의 직진　ㄴ) 빛의 파동성　ㄷ) 빛의 반사　ㄹ) 빛의 굴절

ㅁ) 빛의 분산　ㅂ) 빛의 산란　ㅅ) 빛의 에돌이

24. 한개 실틈에 의한 빛의 에돌이에서 실틈의 길이가 너비의 2배일 때 에돌이무늬의 모양은 어떻게 되겠는가?

25. 1mm마다 500개의 선이 그어져있는 에돌이살창면에 단색빛이 수직으로 입사한다. 에도는 각이 $36^\circ\ 5'$인 곳에 두번째 극대무늬가 생기였다면 입사시킨 단색빛의 파장은 얼마인가?

26. 1cm에 5 900개의 선을 그은 에돌이살창에 파장이 546.1nm인 빛을 수직으로 입사시켰을 때 빛의 1차 및 2차 주극대가 생기는 방향은 얼마나 차이나는가?

27. 파장이 589nm인 나트리움선이 살창상수가 2μm인 에돌이살창에 수직으로 입사할 때 관찰할수 있는 에돌이무늬의 최대차수는 얼마인가?

28. 에돌이살창에 흰빛이 수직으로 들어갈 때 파장이 660nm인 붉은색빛의 2차극대는 어떤 색빛의 몇차 극대와 겹치겠는가?

29. 에돌이살창에 파장이 656.3nm, 410.2nm인 두 단색빛이 살창에 수직으로 입사할 때 41°로 에도는 방향으로 에돌이무늬의 주극대들이 겹치였다. 각각 몇차 극대들이 겹치였으며 에돌이살창상수는 얼마인가?

30. 물속에 잠긴 굴절률이 n_2=1.5인 평면유리판에 자연빛이 입사한 후 반사될 때 입사빛선과 반사빛선사이각이 $\varphi=97^\circ$이다. 반사빛이 완전쏠림빛이 되려면 물의 굴절률은 얼마여야 하는가?

31. 평행평판의 웃면에서 브류스터각으로 입사한 빛이 밑면을 지날 때 굴절각이 브류스터각으로 된다는것을 증명하여라.(그림 2-3)

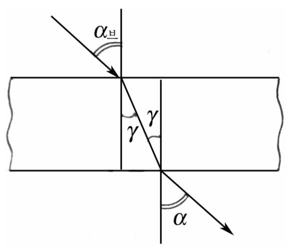


그림 2-3

32. 같은 광원에서 나오는 빛을 두개로 갈라서 서로 수직으로 떠는 쏠림빛으로 만들고 이것을 중첩시킬 때 간섭무늬가 생기지 않는다. 왜 그런가?

33. 다음 문장의 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

반사빛이 □으로 되는가 하는것은 반사빛을 빛쏠림판을 통과시켜보면 알수 있다. 즉 빛쏠림판을 거쳐 반사면을 들여다보면서 빛쏠림판을 돌리면 반사면의 □가 변한다. 빛쏠림판을 지나는 빛의 진동방향을 가령 x라고 하면 x가 반사면에 □일 때 □가 제일 세다. 또 입사각을 변화시키면서 실험을 반복하면 □과 □이 직각으로 사귈 때 반사빛이 완전□으로 되여 그 진동방향은 반사면에 □이라는것을 알수 있다.

34. 2개의 빛쏠림판을 한 축우에 세워놓고 한 빛쏠림판을 완전히 한바퀴 회전시키면 몇번 밝아졌다어두어졌다 하겠는가? 만일 두 빛쏠림판을 서로 반대방향으로 같은 속도로 완전히 한바퀴 돌릴 때와 같은 방향으로 돌릴 때 어떻게 되겠는가?

35. 굴절률이 1.25인 물체로부터 반사되는 빛이 완전쏠림빛으로 되도록 입사각을 조절하였다. 굴절각은 얼마인가?

36. 흰종이우에 좁은 보라색줄과 붉은색줄이 한줄로 이어져있다. 줄을 프리즘의 모서리에 평행되게 내다보면 어떻게 보이겠는가?

37. 그림 2-4에서 매질 Ⅰ은 파장이 400nm인 보라색빛에 대해서는 굴절률이 1.68, 파장이 700nm인 붉은색빛에 대해서는 굴절률이 1.632인 유리이다. 매질 Ⅱ는 진공이며 두 경계면은 서로 평행이다. 아래에 보라색빛과 붉은색빛이 섞여있는 빛이 입사할 때 분산되여 나갈수 있다고 생각되는 경우를 그리였다.

ㄱ) 어느 그림이 옳은가?

ㄴ) 갈라진 빛선들의 색갈을 밝히여라.

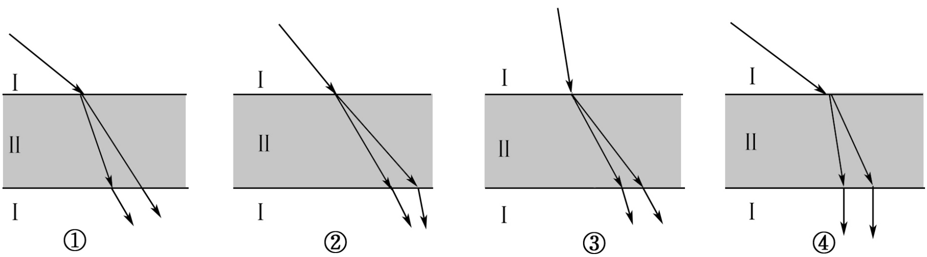


그림 2-4

38. 볼록렌즈에 좁은 흰빛묶음을 입사시키면 붉은색빛의 초점이 보라색

빛의 초점보다 더 멀리에 생기므로 영상이 이지러진다. 이러한 렌즈의 결함이 색수차이다. 렌즈의 색수차를 없애여 정확한 영상을 얻으려면 어떻게 해야 하는가?

39. 작은 유리알과 유리알크기의 구멍이 있는 가림판, 평행빛선을 내보내는 광원으로 캄캄한 방안에서 그림 2-5와 같은 실험을 한다.

ㄱ) 어떤 현상이 나타나겠는가?

ㄴ) 유리알에 비친 빛선들이 어떻게 굴절하겠는가? 그림으로 표시하여라.

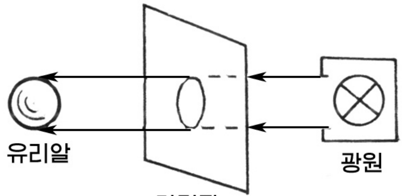


그림 2-5

40. 얕은 물은 맑게 보이지만 깊은 물은 푸르게 보인다. 왜 그런가?

41. 다음의 문장들에서 제일 적합한것을 아래에서 선택하여 ( )안에 써넣어라.

ㄱ) 물속에 있는 물체가 떠올라와 있는것처럼 보이는것은 ( )때문이다.

ㄴ) 물면에 떠있는 기름에 해빛이 쪼이면 색갈이 나타나는것은 ( )에 의해서이다.

ㄷ) 련꽃잎에 맺힌 이슬이 반짝거리는 현상은 ( )때문이다.

ㄹ) 흰 새털을 통하여 해빛을 보면 보는 방향에 따라서 색갈이 나타나는것은 ( )때문이다.

ㅁ) 수증기에 가는 빛선을 쪼이면 빛선이 잘 보이는것은 ( )때문이다.

ㅂ) 노란색과 푸른색, 분홍색의 빛들을 섞으면 ( )색빛으로 된다.

ㅅ) 무지개색과 같은 여러가지 색갈의 물감을 골고루 섞으면 ( )색으로 된다.

① 빛의 직진	② 빛의 전반사	③ 빛의 산란	④ 빛의 분산
⑤ 빛의 굴절	⑥ 빛의 간섭	⑦ 빛의 에돌이	⑧ 빛쏠림
⑨ 무지개색갈	⑩ 흰	⑪ 검은	⑫ 붉은
⑬ 노란색	⑭ 풀	⑮ 푸른	⑯ 보라

42. 파장이 0.154nm인 렌트겐선을 어떤 결정에 입사시켰더니 입사빛선과 31° 46′ 되는 방향으로 n=1인 극대가 나타났다. 이 결정의 살창면사이거리는 얼마인가?

43. 학자 라우에는 1912년에 렌트겐선의 에돌이무늬를 얻는데 성공하였다. 그는 실험에서 에돌이살창대신에 결정체(ZnS)를 썼다. 이것은 라우에의 기발한 착상이다. 그림 2-6에는 라우에의 실험원리를 표시하였다.

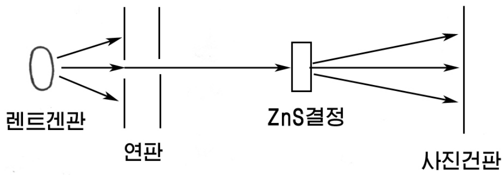


그림 2-6

ㄱ) 라우에는 어떤 가정밑에 그런 착상을 하였겠는가?

ㄴ) 에돌이무늬가 생기는 과정을 설명하여라.

44. 평행으로 놓인 두 금속판으로 만든 전기용량이 100pF인 축전기가 있다. 축전기를 10V로 충전시킨 후 금속판사이의 공기에 렌트겐선을 걸었더니 축전기극판사이의 전압이 5.2V로 내려갔다.

ㄱ) 왜 전압이 내려가겠는가?

ㄴ) 렌트겐선에 의하여 생긴 전자의 수는 얼마인가?

46. 온실안이 해빛을 받아 더워진다. 이와 관련하여 다음 문장의 ( )안에서 알맞는것을 선택하여 써넣어라.

ㄱ) 해빛은 온실의 창유리를 지나서 그안에서 자라는 꽃이나 물체를 쪼이며 (전부, 일부) (반사되여, 흡수되여) 그것들을 덥힌다.

ㄴ) 이 꽃이나 물체는 온도가 높지 못하므로 (자외선, 보임빛선, 적외선)을 내보낸다.

ㄷ) 창유리는 이러한 파장이 (긴, 짧은)전자기파를 잘 통과시키지 않으므로 온실밖으로 나가는 에네르기보다 들어오는 에네르기가 더(많아서, 적어서) 결과적으로 온실이 더워진다.

46. 숯이나 니크롬선의 온도를 점점 높여가면 빛을 내면서 색갈도 변한다.

ㄱ) 눈으로 느낀 색갈이 누런색, 연분홍색, 어두운 붉은색, 분홍색이라고 할 때 이것들을 낮은 온도로부터 높은 온도의 차례로 써보아라.

ㄴ) 이 빛들을 분광기로 볼 때 어떤 스펙트르로 되겠는가?

ㄷ) 색갈이 보이지 않을 때에도 화끈한 감을 느끼는데 이 복사선은 무엇이며 파장은 보임빛선과 같겠는가, 짧겠는가?

ㄹ) 네온등도 붉은색으로 보이는데 그 스펙트르는 어떻게 되겠는가?

ㅁ) 콤팍트등은 흰빛을 내는데 그 안이 하얗게 달구어졌다고 말해

도 되는가?

47. 아래문장의 □에 알맞는 글을 써넣어라.

렌트겐선은 눈에 □지만 형광물질에 부딪치면 □을 내며 사진건판을 □ 또한 물질층을 지나는 투과력이 □데 그 투과능력은 물질의 밀도에 대체로 □한다. 보통빛에 비하여 파장이 □ 에돌이, □과 같은 현상을 □키는 □의 한 종류이다. 렌트겐선을 발생시키자면 빠른 전자를 □에 부딪치게 해야 한다. 이때 전자의 □가 클수록 파장이 □고 □가 큰 렌트겐선을 얻는다.

48. 비가 온 다음에 길바닥의 고인 물우에 기름방울이 떨어진 곳에는 아름다운 무지개색갈의 무늬가 생기면서 물이 흐르는데 따라 그 모양이 변하는것을 볼수 있다. 왜 이런 현상이 생기는가?

49. 자외선등의 유리는 석영유리를 쓴다. 왜 그런가?

50. 적외선을 리용하여 사진을 찍으면 보통사진에 비하여 우월한 점은 무엇인가?

51. 맑게 개인 여름날 특히 해변가에서 색안경을 끼면 건강에 좋다. 왜 그런가?

제3장. 특수상대성리론의 초보

1. 동쪽으로 15m/s의 속도로 운동하는 뽀트에서 사람이 북쪽으로 돌을 던졌다. 돌은 6s후에 던진 자리로부터 150m 거리에 떨어졌다. 뽀트에 탄 사람이 보는 돌이 떨어진 자리표는 얼마인가?
2. 등속직선운동하는 기차안에서 구를 떨구었다. 이것을 기차안의 관측자가 보면 직선운동하는것으로 보이고 땅우에 멎어있는 관측자가 보면 포물선운동을 하는것으로 보인다. 두 기준계가 다 관성계라면 모든 관성계에서 력학적운동이 동일하게 일어난다는 갈릴레이상대성원리에 모순되지 않는가?
3. 오씰로그라프의 기록속도는 형광막에 전자선이 부딪쳐 선을 그리는 속도와 같다. 관측자는 오씰로그라프에서 기록속도가 6×10^8m/s가 되는것을 보았다. 이것은 진공에서 빛속도보다 크므로 틀리지 않는가?
4. 지구에 대하여 속도 v로 운동하는 길이 $2l_0$인 차칸의 가운데서 기차의 운동방향과 그 반대방향으로 동시에 빛이 복사되였다. 차칸에 고정한 자리표계에서 빛이 차칸의 앞벽과 뒤벽에 가닿는데 걸리는 시간 t_1과 t_2을 구하고 지구에 고정한 자리표계에서 빛이 차칸의 앞벽과 뒤벽에 가닿는데 걸리는 시간 τ_1과 τ_2를 구하여라.
5. 한 학생이 실험실에서 질점흔들이의 진동주기를 재였더니 1s였다. 만일 속도 $v=0.435c$로 운동하는 우주비행선을 타고가는 사람이 이 흔들이의 진동주기를 잰다면 몇s로 되겠는가?
6. 그림 3-1은 같은 시각에 운동을 시작한 로케트들을 지구에 있는 사람이 보고 그린것이다. 로케트를 보고 다음과 같이 생각하였다. 이것이 옳은가를 따져보아라.

   ㄱ) 같은 시간동안 운동하면 왜 로케트안에 걸어놓은 시계가 꼭같은 시간을 가리키지 않겠는가?

   ㄴ) 로케트의 길이는 왜 다르며 시계모양이 왜 타원형으로 되는가?

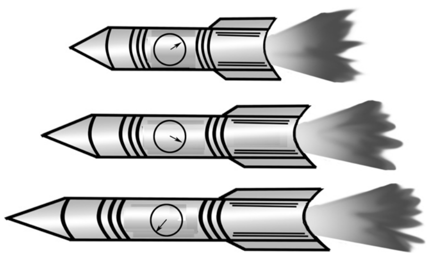


그림 3-1

7. 수명이 $t'=1.8\times10^{-8}$s인 π중간자를 가속장치에서 $v=0.8c$의 속도로 가속시켰다. π중간자에 대하여 멎어있는 관측자와 땅에 멎어있는

관측자는 π 중간자가 붕괴되기전에 얼마의 거리를 움직여간것으로 보이겠는가?

8. 길이와 너비의 비가 2:1인 직4각형의 논판이 있다. 로케트안의 관측자가 이 논판을 바른4각형으로 보았다면 로케트는 논판에 대하여 어떤 방향으로 얼마만한 속도로 운동하고있는가?

9. 관성계 K′는 다른 관성계 K에 대하여 상대속도 $v=0.6c$로 운동한다. 매 관성계에 설치한 두 시계는 처음에 $x=x'=0$에서 $t=t'=0$이 되도록 맞추어놓았다.

   ㄱ) x_1=50m 지점에서 $t_1=2\times10^{-7}$s 만 한 시간이 지난 후 K계에서 첫 사건이 일어났다면 이 사건을 K′계에서는 어떤 자리에서 어느 시각에 일어난것으로 보겠는가?

   ㄴ) K계에서 두번째 사건이 $t_2=3\times10^{-7}$s만 한 시간후에 일어났다면 K′계에서 잰 두 사건사이의 시간은 얼마인가?

10. 정지하고있는 바른4각형이 있다. 이 바른4각형의 한변에 평행인 방향으로 v =0.8c의 속도로 운동하는 기준계에서 볼 때 그 변과 직4각형의 대각선사이의 각은 얼마이며 두 대각선사이의 각은 얼마인가?(그림 3-2)

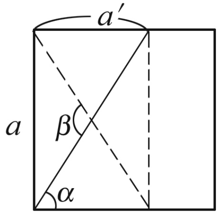


그림 3-2

11. 멎어있는 바른6면체의 체적이 a^3과 같다. 이 바른6면체의 한 변에 평행인 방향으로 일정한 속도 v로 운동하는 기준계에서 보면 체적은 어떻게 보이며 체적비는 어떻게 표시되겠는가?

12. 반경이 R인 구모양의 립자가 $v=2\times10^8$m/s의 속도로 등속직선운동을 하고있다. 이 립자는 우리 눈에 어떤 모양으로 보이겠는가?(그림 3-3)

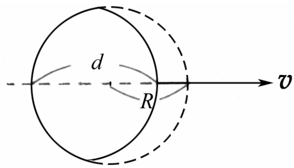


그림 3-3

13. 지구겉면에 도달하는 우주선의 μ중간자의 속도가 빛속도의 95%이면 그의 크기는 몇% 줄어들겠는가?

14. 로케트의 관측자가 측정하는 시간보다 땅우의 관측자가 측정하는 시간이 2배로 되자면 로케트는 얼마의 속도로 운동해야 하는가?

15. 2m짜리 자가 멎어있는 학생에 대하여 길이방향으로 0.8c의 속도로 운동한다. 이 자가 학생의 곁을 지나가는 시간은 얼마인가?

16. 다음 문장에서 옳고 그른것을 판단하여라.

ㄱ) 운동하는 기준계에서 시간이 1s 흐를 때 멎어있는 기준계에서 시간은 그보다 더 많이 흐른다.

ㄴ) 시간의 지연현상은 사람의 착각이다.

ㄷ) 기준계의 속도가 클수록 그 계에서 시간은 더 천천히 흐른다.

ㄹ) 속도가 작을 때 시간은 지연되지 않는다.

ㅁ) 길이의 수축현상은 실제로 나타나지 않는 현상이다.

ㅂ) 운동하는 물체의 길이는 멎어있을 때보다 언제나 짧아진다.

ㅅ) K계에서 잰 길이가 1m인 물체의 길이는 K′ 계에 가져다놓고 재면 1m보다 짧아진다.

ㅇ) 길이의 수축현상은 물체가 운동하기만 하면 언제나 나타난다.

ㅈ) 길이의 수축, 물체의 질량변화는 물체의 속도가 클 때에만 나타나는 현상이다.

ㅊ) 특수상대성리론에 의하면 시간과 공간은 서로 밀접히 련관되여 있다.

17. 수평방향으로 55.6m/s의 속도로 운동하는 길이 20m인 기차의 앞끝과 뒤끝을 번개가 쳤다. 땅우의 관측자에게는 번개가 두끝을 동시에 친것으로 보였다. 기차의 가운데에 있는 관측자에게는 어느끝에 얼마만한 시간만큼 먼저 번개가 쳤다고 보겠는가?

18. 어떤 립자의 속도는 $0.99c$이고 이 립자와 함께 운동하는 관찰자가 잰 수명은 1.8×10^{-8}s이다.

ㄱ) 지구에 있는 관측자가 잰 립자의 수명은 얼마인가?

ㄴ) 이 시간동안에 립자는 얼마의 거리를 지나가는가?

19. 빛속도로 운동하는 로케트에서 운동방향으로 빛을 내쏘았다. 지구의 관측자가 보는 빛속도는 얼마인가?

20. 두 립자가 $0.9c$의 속도로 서로 마주 운동한다. 한 립자에서 보면 다른 립자의 속도가 얼마로 보이는가?

21. 상대성리론에서도 질량보존의 법칙이 성립되는가?

22. 가속장치에서 전자가 $v=0.9c$로 가속되였을 때 전자의 질량은 얼마만큼 커졌는가? 전자의 정지질량은 $m_0=9.11\times10^{-31}$kg이다.

23. 질량과 속도사이관계식에 의하여 물체의 속도가 빛속도에 이를수 없다는것을 증명하여라.

24. 정지질량이 m_0인 두개의 립자가 같은 속도 v로 마주 운동하다가 충

돌하여 하나로 되였다. 합쳐진 다음 물체의 정지질량은 얼마인가?

25. 어떤 립자의 정지질량은 전자질량의 207배이고 그것이 정지한것으로 보이는 기준계에서 수명이 $t'=2\times10^{-8}$s이다. 알갱이가 운동하는것으로 보이는 기준계에서 평균수명이 $t=7\times10^{-8}$s라면 그것의 질량은 얼마로 보이겠는가?

26. 뉴톤력학에서 질량은 관성의 크기를 특징짓는 량이다. 상대성리론에서 질량은 무엇을 특징짓는 량인가?

27. 속도가 $v_1=5\times10^7$m/s인 전자를 가속시켜 속도를 $v_2=2v_1$로 만들려면 얼마만한 에네르기를 주어야 하겠는가?

28. 정지질량이 m_0, 운동에네르기가 W인 립자의 질량은 얼마인가? 이 문제를 첫 방법은 $E=W$로 보고 $E=mc^2$에 의하여 $m=\frac{W}{c^2}$라는 결과를 얻어냈고 둘째 방법은 $\Delta E=\Delta mc^2$ (여기서 $\Delta E=W$)에 의하여 풀어 $m=\frac{W}{c^2}+m_0$의 결과를 얻는다. 어느것이 옳은가? 왜 그런가?

29. 전기를 띠고있는 직선도선에 대하여 도선의 길이방향으로 운동하는 관측자에게는 전기량의 밀도가 어떻게 보이겠는가? 전기량은 관측자의 속도에 관계되지 않는다.

30. 물체의 운동질량이 정지질량의 3배로 되려면 물체는 어떤 속도로 운동한다고 보는가?

31. 물질알갱이의 속도가 얼마일 때 그의 운동에네르기가 정지에네르기의 2배로 되겠는가?

32. 전자가 자기유도가 0.01T인 고른자기마당속에서 0.8c의 속도로 원자리길을 따라 운동한다. 질량의 상대론적효과를 고려할 때와 고려하지 않을 때 전자의 자리길반경을 구하여라.

33. 전자가 자기유도가 0.02T인 균일한 자기마당속에서 반경이 10cm인 원운동을 한다. 전자의 운동질량과 정지질량의 비를 구하여라.

34. 일정한 속도로 운동하고있는 전자의 비전하 $\frac{e}{m}$는 0.88×10^{11}C/kg이다. 이 전자의 운동질량과 속도를 구하여라.

35. 정지상태에 있던 물체가 스스로 갈라져 서로 반대방향으로 0.8c, 0.6c의 속도로 운동한다. 두 부분의 질량이 각각 3kg, 5.33kg일

때 처음 물체의 질량은 얼마인가?

36. 어떤 물체를 덥히거나 식힐 때 그것의 에네르기가 변하는데 물체의 질량변화현상은 왜 나타나지 않는가?

37. 아래의 문장에서 어느것이 옳은가를 따져보고 그 근거를 설명하여라.

ㄱ) 질량과 에네르기사이 관계식 $\Delta E = \Delta mc^2$ 은 물체가 가속되여 운동에네르기가 보다 커지거나 가열하여 온도가 높아져 열에네르기가 더 커지면 또 물체가 압축되여 튕성에네르기가 커지면 물체의 질량도 커진다는것을 표시한다.

ㄴ) 이 관계식은 에네르기가 질량(혹은 물질)으로 넘어갈 가능성과 질량(혹은 물질)이 에네르기로 넘어갈 가능성을 표시한다.

38. 전자가 정지한 기준계 K계에 대하여 0.6c로 운동하고 관측자가 있는 K′ 계는 전자의 운동방향으로 0.3c의 속도로 움직인다. 관측자에게는 전자의 운동에네르기가 얼마로 보이겠는가?

39. 운동에네르기가 10^{10}eV인 양성자의 질량은 그의 정지질량의 몇배인가? 양성자의 정지에네르기는 93.83MeV이다.

제4장. 물질의 2중성

1. 빛전자의 처음속도가 5.65×10^{5} m/s 라면 이 빛전자에 의한 빛전류를 0으로 되게 하는 거꿀전압은 얼마인가?
2. 빛전자관에서 음극과 양극사이에 전압이 걸려있지 않는 경우에도 음극에 빛을 쪼이면 전류가 흐른다. 이것은 무엇을 의미하는가?
3. 붉은색유리를 통하여 음극에 빛을 쪼일 때보다 푸른색유리를 통하여 빛을 쪼이면 튀여나오는 빛전자의 속도가 더 커진다. 그 원인은 무엇인가?
4. 빛전자의 처음운동에네르기가 0.5eV이다. 이 빛전자가 빛전자관의 양극에 이르지 못하게 하려면 빛전자관의 양극과 음극사이에 얼마만한 거꿀전압을 걸어주어야 하겠는가?
5. 빛전기효과에 의하여 튀여나오는 빛전자의 최대운동에네르기는 $E_{최}=4.5\times10^{-20}$ J 이고 금속의 방출일은 $A=7.6\times10^{-19}$ J 이다. 금속에 걸린 빛량자의 파장을 구하여라.
6. 물질마다 한계진동수가 다른것은 무엇때문인가?
7. 진공속에 놓여있는 금속판의 겉면에 진동수가 118×10^{15} Hz 인 자외선을 쪼일 때 금속겉면에서 튀여나오는 빛전자의 속도를 구하여라. 이 금속의 방출일은 $A=2.2\times10^{-19}$ J 이다.
8. 6×10^{14} Hz 이상의 진동수를 가지는 빛을 쪼일 때 빛전기효과가 일어나는 금속이 있다. 이 금속에 어떤 다른 빛을 쪼일 때 그로부터 튀여나오는 빛전자가 3V의 제동전압에 의하여 완전히 멎게 된다면 그 빛의 파장은 얼마인가?
9. 나트리움에 빛을 쪼일 때 빛전기현상이 일어나는 한계파장을 구하여라. 나트리움의 방출일은 $A=3.74\times10^{-19}$ J 이다.
10. 빛전기효과에서 튀여나오는 빛전자의 최대운동에네르기가 4.5×10^{-19} J 이고 금속의 방출일은 7.6×10^{-19} J 이다. 금속에 걸린 빛의 파장을 계산하여라.
11. 소비전력이 125W인 수은등에서 그의 80%가 빛으로 전환된다. 그 빛가운데서 20%가 파장이 6.123×10^{-7} m 인 빛량자이면 단위시간동안에 나오는 빛량자의 개수가 얼마이겠는가?

12. 전력이 100W인 전등이 1s동안에 5×10^{20}개의 빛량자를 내보낸다. 전등에서 나오는 빛의 평균파장은 얼마인가?

13. 세시움에 대한 빛전기효과의 한계파장은 0.53×10^{-7}m이다. 이 세시움에 4×10^{-7}m의 단색빛을 쪼였을 때 방출되는 전자의 속도를 구하여라. 전자의 질량은 9.1×10^{-31}kg이다.

14. 플랑크상수 h를 결정하기 위하여 어떤 금속에 진동수가 $\nu_1=2.2\times10^{15}\mathrm{s}^{-1}$인 빛과 $\nu_2=4.6\times10^{15}\mathrm{s}^{-1}$인 빛을 쪼였다. 진동수가 ν_1인 빛에 대하여 제동전압이 6.6V였고 ν_2인 빛에 대하여 제동전압이 16.5V였다. 플랑크상수 h의 값은 얼마인가?

15. 전력이 40W인 전등에서 나오는 빛의 평균파장이 6×10^{-7}m라면 1s동안에 나오는 빛량자는 몇개인가?

16. 금속겉면에 파장이 6×10^{-7}m인 단색빛으로 쪼여주었더니 금속겉면에서 빛전자가 튀여나왔다. 플랑크상수가 $6.6\times10^{-34}\mathrm{J\cdot s}$, 빛의 속도가 3×10^{8}m/s라면

ㄱ) 이 빛량자의 에네르기는 얼마인가?

ㄴ) 전자를 금속밖으로 끌어내는데 필요한 일은 1.5×10^{-19}J이다. 빛의 작용에 의해 금속으로부터 튀여나온 전자의 운동에네르기는 얼마인가?

ㄷ) 쪼여준 빛의 파장이 λ_0보다 길면 전자는 금속겉면으로부터 나오지 않는다. 이 파장 λ_0을 구하여라.

17. 빛량자의 에네르기가 10^{6}m/s의 처음속도를 가지고 4V의 전위차에 의하여 가속된 전자의 운동에네르기와 같다. 빛량자의 파장을 구하여라.

18. 6×10^{14}Hz이상의 진동수를 가진 빛을 쪼일 때 빛전기효과가 일어나는 금속이 있다. 이 금속에서 튀여나오는 전자가 3V의 제동전압에 의하여 완전히 제동된다면 이때 쪼인 빛의 진동수는 얼마인가?

19. 세시움에 파장이 9×10^{-7}m인 빛을 쪼였을 때 빛전기현상이 일어나는데 그보다 파장이 긴 빛에 대하여 일어나지 않는다.

ㄱ) 세시움의 방출일은 몇J인가?

ㄴ) 세시움에 파장이 6×10^{-7}m인 빛을 쪼였다. 이때 튀여나오는

빛전자의 운동에네르기는 얼마인가?

20. 어떤 면을 통하여 0.5min동안에 나오는 빛의 운동량은 3×10^{-11}kg・m/s이다. 이 빛이 1s동안에 $1m^2$인 면을 지나는 에네르기는 1.5J/(m^2·s)이다. 이 면의 면적을 구하여라.

21. 방출일이 8.48×10^{-19}J인 금속에 빛을 쪼일 때 빛전기현상의 제동전압은 0.84V이다. 쪼인 빛의 파장은 얼마인가?

22. 어떤 금속의 방출일은 7.7×10^{-19}J이다. 여기에 7.84×10^{-19}J인 빛량자를 쪼일 때 나오는 빛전자의 최대운동량은 얼마인가?

23. 저항과 빛전자관이 전지에 직렬로 련결되였다. 빛전자관에 600nm인 빛을 0.02mW의 세기로 쏘였다.

ㄱ) 1s동안에 쪼여주는 빛량자의 수를 구하여라.

ㄴ) 회로에 흐르는 전류의 세기를 구하여라. 빛량자 하나는 한개의 빛전자를 내보낸다.

24. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

금속의 겉면에 빛을 쪼이면 그 면이 +전기를 띠게 되는 경우가 있다. 이것은 빛의 쪼임에 의해 -의 전하를 가진 립자가 튀여나오기때문이다. 이 립자를 빛전자라고 하며 이 현상을 □이라고 부른다. 빛전자가 튀여나올 때의 에네르기를 조사하여보니 이것은 빛의 세기에는 관계없고 빛의 □에 관계된다는것을 알수 있다. 이것은 빛이 파동이라고 생각하면 리해하기 힘들다. 빛이 단순한 파동이라면 그의 에네르기는 빛의 세기에 비례하므로 빛의 에네르기도 빛의 세기에 관계될것이다. 이 현상을 설명하기 위하여 아인슈타인은 1905년에 □을 내놓았다. 그것에 의하면 빛은 진동수에 비례하는 에네르기를 가지며 빛속도 즉 □의 속도로 운동하는 □로 구성된것이라고 생각한다. 이것을 빛량자라고 부른다. 그런데 이와 같은 견해로는 빛의 간섭, □와 같은 현상을 설명할 수 없다. 즉 빛은 한 측면에서는 □을 가지는것과 함께 다른 측면에서는 □을 가지고있다는것을 인정하지 않으면 안된다.

25. 전자파동의 파장이 10^{-10}m로 되게 하자면 그것을 몇V의 전압으로 가속시켜야 하는가?

26. 106km/s의 속도로 운동하는 전자의 파장을 얼마인가?

27. 진공속에서 500V의 전압으로 가속시킨 전자의 파장과 운동량을 구하여라.

28. 10m/s의 속도로 움직이는 질량이 0.01kg인 탁구공의 물질파의 파장을 구하여라.
29. 공기속에 떠도는 먼지립자에 대해서 파동성을 생각할수 있겠는가?
30. 질량이 m 인 립자의 드 브로이파장이

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m(E-U)}}$$

로 표시된다는것을 증명하여라. 여기서 E 는 전체 력학적에네르기, U 는 자리에네르기이다.
31. 진공속에 들어있는 금속판의 겉면에 진동수가 1.18×10^{15}Hz인 자외선을 입사시켰을 때 그 금속겉면에서 튀여나오는 전자의 드 브로이파장을 구하여라. 금속의 방출일은 2.2×10^{-19}J이다.
32. 수소원자에서 바닥상태 $(n=1)$에 있는 자리길을 따라 운동하는 전자의 드 브로이파장을 구하여라.
33. 전압이 200V인 전기마당속에서 가속된 대전립자의 파장이 2.02×10^{-12}m이다. 이 립자의 전기량은 크기에 있어서 전자의 전기량과 같다. 립자의 질량을 구하여라.
34. 전자의 물질파의 파장이 10^{-10}m로부터 5×10^{-11}m로 작아지기 위해서는 전자에 얼마만한 에네르기를 보태주어야 하는가?
35. TV수상관에서 전자총으로부터 나온 전자는 가속되여 형광막에 떨어진다. 이때 전자의 운동에서 2중성을 론의하는가? 왜 그런가?
36. 최소파장이 0.3×10^{-10}m 인 렌트겐선이 나오게 하는 가속전압으로 가속된 음극선의 드 브로이파장을 구하여라.
37. 물질파의 본성은 무엇인가?
38. 길이가 10^{-10}m인 통속에 있는 전자의 어떤 순간의 운동량과 속도, 운동에네르기는 어느 정도까지 정확히 잴수 있는가?
39. 질량이 150g인 야구공을 너비가 20cm인 나무울타리 틈새로 던졌다. 이 틈새를 지날 때 공은 어떤 가로방향의 속도를 얻을수 있겠는가? 여기로부터 어떤 결론을 내릴수 있는가?
40. 자유전자의 자리를 광학적방법으로 10^{-4}cm까지의 정확도로 결정하였다. 자유전자의 속도에서의 불확정도는 얼마인가? 1s 지나서 우리는 이 전자의 자리를 얼마나 정확히 알게 되겠는가?

41. $U = 120\mathrm{V}$ 의 전압으로 가속한 전자묶음이 다결정으로 된 알루미니움박판에 수직으로 들어온다. 박판으로부터 $L = 10\mathrm{cm}$ 떨어진 곳에 놓은 가림판에 생긴 에돌이무늬에서 제1차주극대의 직경이 4cm이다. 결정의 살창상수(면간격) d 를 구하여라.

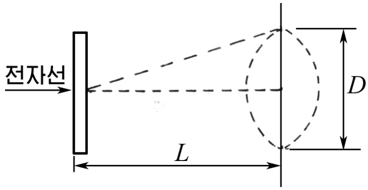


그림 4-1

※ 가림판에 에돌이고리가 생기는데 면간격이 d와 같은 면에서 일어난 에돌이고리의 직경이 $D = 4\mathrm{cm}$ 일 때 면간격 d를 구하는 문제이다.

42. 질량이 10g인 탄알의 중심의 자리를 10^{-4}m의 정확도로 잴 때 속도의 불확정도는 얼마로 되는가? 무엇을 알수 있는가?

43. 질량이 $m = 9 \times 10^{-31}\mathrm{kg}$ 인 전자가 $10^{-8}\mathrm{cm}$ 정도의 크기를 가지고 원자속에서 돌고있다. 전자의 자리를 $\Delta x = 10^{-9}\mathrm{cm}$ 로 재면 속도의 부정확도는 얼마인가? 속도는 얼마인가?

44. 질량이 1kg인 물체가 1m/s의 속도를 가질 때 이 파동의 간섭현상을 관찰할수 있겠는가?

45. 산소원자는 $26.56 \times 10^{-27}\mathrm{kg}$ 의 질량을 가진다. 이 원자가 1eV의 운동에네르기를 가진다면 그의 물질파장은 얼마이겠는가?

제5장. 원자의 구조

1. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.
   라자포드는 물질을 이루고있는 □를 밝히기 위하여 매우 얇은 □에서 □의 □실험을 진행하였다. 라디움에서 방출되는 □전기를 띤 질량이 큰 립자인 □를 얇은 금박판에 □시키였다. 이때 □의 □립자들은 □을 바꾸지 않고 금박판을 그냥 통과하였지만 □수의 립자들은 □로 자기의 □에서 □되여나갔으며 지어는 □으로 □되여나오는 α립자도 나타났다.
2. 원자의 구조를 밝히기 위한 α립자의 산란실험에서 산란물질을 얇은 막으로 하는 리유를 설명하여라.
3. 다음 글에서 □안에 알맞는 말을 넣어 문장을 완성하여라.
   원자의 중심에는 □이 있다. □의 반경은 대체로 10^{-14}～10^{-15}m이고 질량은 □과 거의 같다. 핵의 양전기량의 크기는 □에 원자번호 Z를 곱한 값과 같다. 핵주위에는 Z개의 □가 핵과의 전기적호상작용에 의하여 임의의 가능한 자리길에서 운동하고있다.
4. 한개 원자에 해당되는 체적을 구하는 식을 유도하여라.(그림 5-1)
5. 원자의 크기를 결정하는 공식이 $d=\sqrt[3]{\dfrac{M}{\rho N_0}}$ 와 같다는것을 증명하여라.
6. 수소의 몰질량은 1.008g/mol이다. 수소원자 1개의 질량을 구하여라. 이것은 전자의 질량에 비하여 몇배나 되겠는가?
7. 수소원자스펙트르와 다른 모든 원자스펙트르사이의 공통점과 차이점에 대하여 설명하여라.

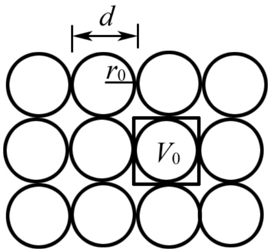


그림 5-1

8. 다음 설명에서 정확성을 판단하여라.
   ㄱ) 수소원자의 스펙트르는 수소원자가 련속적인 에네르기값을 가질수 있다는것을 보여준다.
   ㄴ) 수소원자의 스펙트르는 선스펙트르를 이룬다.
   ㄷ) 수소원자는 보임빛대역의 빛만을 복사한다.
   ㄹ) 원자의 태양계모형에 의하면 수소스펙트르는 불련속적이여야 한다.

9. 수소원자스펙트르에서 라이만계렬의 최소파장이 발마계렬의 최소파장의 1/4배라는것을 증명하여라.

10. 수소원자스펙트르에서 라이만계렬의 첫째 스펙트르선과 발마계렬의 첫째 스펙트르선사이의 간격을 구하여라.

11. 수소원자스펙트르에서 발마계렬의 스펙트르너비를 구하여라.

12. 수소원자스펙트르의 발마계렬에서 진동수가 가장 작은것이 4.57×10^{14}Hz이다. 리드베르그상수 R의 값을 구하여라.

13. 수소원자스펙트르에서 파쉔계렬의 스펙트르선들은 얼마만한 파장구간에 놓이겠는가?

14. 수소원자스펙트르에서 라이만계렬의 최대파장과 발마계렬의 최대파장을 구하고 비교하여라.

15. 보아가 정상상태에 대한 가정을 하게 된것은 아래의 무엇을 설명하기 위해서인가?

ㄱ) 원자안에서 전자의 안정성

ㄴ) 전자의 파동성

ㄷ) 원자에네르기의 불련속성

ㄹ) 수소스펙트르

16. 다음의 설명에서 보아의 원자모형과 관계없는것은 어느것인가?

ㄱ) 원자안의 전자는 정상상태에서만 운동을 한다.

ㄴ) 전자가 궤도를 바꿀 때 전자기파를 방출하거나 흡수한다.

ㄷ) 정상상태는 독특한 량자수로 표시될수 있다.

ㄹ) 원자핵은 양성자와 중성자로 이루어져있다.

ㅁ) 원자안의 전자는 핵으로부터 특정한 거리만큼 떨어져있다.

17. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

원자에서 □들은 일정한 □를 가지는 □라고 부르는 량자상태에만 놓여있을수 있으며 이 정상상태에서 원자는 □을 □하지 않는다. 원자에서 □는 □가 어떤 에네르기 E_n을 가지는 한 □에서보다 □에네르기 E_m을 가지는 다른 □로 □할 때 일어나며 이때 □되는 빛량자의 에네르기는 □과 같다.

18. 전자가 에네르기준위 E_n에서 E_m의 상태$(n>m)$로 넘어갈 때 나타나는 현상에서 옳은것을 선택하여라.

ㄱ) 원자는 진동수가 $(E_n-E_m)/h$인 빛을 방출한다.

ㄴ) 원자는 진동수가 $(E_n-E_m)h$인 빛을 흡수한다.

ㄷ) 원자는 진동수가 $h(E_n - E_m)$인 빛을 방출한다.

ㄹ) 원자는 진동수가 $h(E_n - E_m)$인 빛을 흡수한다.

ㅁ) 원자는 진동수가 $2\pi h(E_n - E_m)$인 빛을 방출한다.

19. 그림 5-2와 같이 전자 1개를 가진 원자의 에네르기준위가 주어졌다. 전자가 준위 13eV에 있다고 하자. 이 원자가 방출할수 있는 빛량자에네르기를 아래에서 선택하여라.

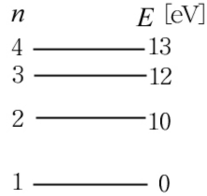


그림 5-2

ㄱ) 10eV, 12eV, 13eV ㄴ) 2eV, 3eV, 10eV

ㄷ) 1eV, 3eV, 13eV ㄹ) 1eV, 2eV, 3eV

ㅁ) 10eV, 22eV, 33eV

20. 보아의 가정에 기초한 수소원자구조리론(초기량자론)이 원자리론을 만족스럽게 설명하여줄수 있는가? 그 리유를 설명하여라.(제한성)

21. 원자번호가 Z인 핵둘레로 하나의 전자가 도는 수소비슷한 이온인 경우에 자리길반경은 $1/Z$로 줄어든다는것을 밝혀라.

22. 수소원자의 에네르기준위는 $E_n = -\frac{chR_0}{n^2}$(J)로 된다는것을 증명하고 이 에네르기준위를 eV의 단위로 표시하면 $E_n = \frac{-13.6}{n^2}(\text{eV})$라는것을 밝혀라.

23. 에네르기가 $E = -1.5\text{eV}$인 빛량자가 정상상태에 있는 수소원자에서 전자를 떼낸다. 전자는 어떤 속도로 떨어져나가겠는가?

24. 보아의 수소원자모형에 따르는 전자의 자리길반경이 $r_1 = 0.53 \times 10^{-10}$m이고 전자의 원운동을 일으키는 향심력이 핵과의 전기적끌힘이다.

ㄱ) 전자의 회전수를 구하여라.

ㄴ) 전자의 회전을 전류로 생각할 때의 전류의 세기를 구하여라.

25. 수소원자에서 전자가 에네르기준위 $E_2 = -0.85$eV인 자리길로부터 $E_1 = -3.4$eV인 자리길로 넘어갈 때 복사되는 빛의 진동수와 파장을 구하여라.

26. 수소원자에서 파장이 $\lambda = 4\ 860 \times 10^{-10}$m인 빛이 복사된다면 수소원자안의 전자의 에네르기는 얼마나 변하였겠는가?

27. 수소원자에서 바닥준위와 제1려기준위의 에네르기차와 이에 대응하는 빛의 진동수를 구하여라.

28. 바닥상태에 있는 수소원자가 진동수가 2.47×10^{16}Hz인 빛량자를 흡수하였다. 려기된 수소원자에서 전자의 자리길반경을 구하여라.

29. 수소원자에서 전자가 네번째 자리길에서 두번째 자리길에로 넘어갈 때에 4.04×10^{-19}J의 에네르기를 잃는다면 이때 복사되는 빛량자의 파장은 얼마이며 어떤 색갈이겠는가?

30. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

수소원자에서 □는 □과의 □을 향심력으로 하여 □한다. 따라서 □$=K\dfrac{e^2}{r^2}$이며 이로부터 $m_ev^2=$□로 된다. 한편 보아의 □으로부터 □$=n\hbar$로 되며 $m_ev=$□이다. 그러므로 전자의 자리길반경은 $r=$□로 된다. $n=$□일 때 최소반경으로서 $r_0=$□$=0.053$nm이며 □라고 부른다.

31. 수소원자에서 전자가 려기상태에서 바닥상태로 내려오면서 파장이 0.9725×10^{-7}m인 빛을 복사한다. 전자의 자리길각운동량의 변화값을 구하여라.

32. 다음 문장의 □안에 알맞는 식과 수를 써넣어라.

수소원자의 에네르기준위에 대하여 생각해보자.

수소원자에서 전기량을 띤 전자가 양성자 ($+e$)의 주위를 원운동한다고 하자. 보아의 원자모형에서는 정상상태를 만족시키는 운동만이 허용된다.

전자의 질량을 m, 원운동속도를 v라고 할 때 전자의 파동성을 고려한 전자파동의 파장 λ는 드 브로이의 관계식에 의하여 플랑크상수 h를 써서 표시하면

$$\lambda=\boxed{ㄱ}$$

로 된다. 전자파동이 정상파로 되는 조건 즉 반경이 r인 원둘레가 전자파동의 옹근수(n)배와 같다는 조건을 만족시키는 운동만이 허용된다면

$$\boxed{ㄴ} \qquad (1)$$

라는 식이 얻어진다.

한편 원운동의 향심력은 전기적끌힘 $\left(\dfrac{ke^2}{r^2}\right)$이므로

$$\boxed{ㄷ} \qquad (2)$$

로 된다.(k는 상수)

정상파의 조건식 1과 힘관계식 2중에서 v를 없애고 반경 r를 구

하면

$$r = \boxed{\text{ㄹ}}$$

로 된다. 그러므로 전자의 전에네르기 E_n은

$$E_n = \boxed{\text{ㅁ}}$$

이다. 즉 E_n은 옹근수 n에 의존하는 불련속적인 값을 가진다는 것을 알수 있다.

33. 주량자수, 부량자수, 자기량자수, 스핀량자수에 의하여 규정된 하나의 상태에는

ㄱ) 두개의 전자까지 있을수 있다.

ㄴ) 하나의 전자밖에 있을수 없다.

ㄷ) 한개 또는 두개의 전자까지 있을수 있다.

ㄹ) 두개이상의 전자까지 있을수 있다.

34. 전자가 핵둘레로 자리길운동할 때 각운동량의 방향은

ㄱ) 전자가 가지는 자기모멘트의 방향과 같다.

ㄴ) 전자가 가지는 자기모멘트방향과 반대이다.

ㄷ) 전자가 가지는 자기모멘트방향에 수직이다.

ㄹ) 전자가 가지는 자기모멘트방향에 관계되지 않는다.

35. 주량자수 n=1, 부량자수 l=0일 때 1s상태라고 하면 이때 전자는

ㄱ) 직선운동을 한다.

ㄴ) 곡선운동을 한다.

ㄷ) 원운동을 한다.

ㄹ) 타원운동을 한다.

36. 전자선관의 음극에서 나온 전자를 양극에 전압 U를 걸어 가속시켰을 때 전자의 운동에네르기는 eU이고 전자의 파장은

ㄱ) $h/\sqrt{2emU}$　ㄴ) $1/h\sqrt{2emU}$　ㄷ) $\sqrt{2emU}$　ㄹ) $\sqrt{2emU}/h$

37. 톰슨의 원자모형과 라자포드의 원자모형의 차이점은( )에 있다.

ㄱ) 원자의 크기　ㄴ) 전자의 개수　ㄷ) 원자의 질량

ㄹ) 핵의 전기량의 부호 ㅁ) 핵의 위치

38. 다음 문장의 □안에 아래 단어들에서 알맞는것을 선택하여 써넣어라

프랑크-헤르쯔실험은 □의 존재와 원자에서 물리적량의 □을 실험적으로 보여주었다.

핵, 자리길, 전자, 정상상태, 에네르기, 련속성, 불련속성, 스펙트르, 준위, 불확정성

39. 원자에서 구름모양을 가지는 전자들의 분포상태는 전자의 ( )들에 따라 달라진다.

ㄱ) 전기량 ㄴ) 질량 ㄷ) 자리길 ㄹ) 량자수 ㅁ) 에네르기

40. 다음 말들에서 서로 깊은 관계에 있는 단어들로 서로 짝을 무어라.

전자구름	각운동량의 사영성분
자기량자수	불련속스펙트르
자리길량자수	전자층
수소원자	확률분포
주량자수	전자분층

41. 화학원소들의 화학적성질은 원자핵으로부터 맨 바깥전자층에 놓이는 전자들에 의하여 결정된다. 원자에서 전자수가 증가할 때 맨 바깥층 전자들은 ( )에 따라서 규칙적인 법칙성을 가지고 하나씩 증가한다.

ㄱ) 파울리원리 ㄴ) 운동상태 ㄷ) 량자수 ㄹ) 전자수 ㅁ) 화학성질

42. 나트리움 (Z=11)원자의 전자층구성을 밝히여라.

43. 특성X선에서 파장 λ_0을 가지는 X선의 빛량자에는 전압 U로 가속된 전자의 에네르기전부가 넘어간다고 보아도 좋다.

ㄱ) 파장이 0.01nm정도인 X선을 얻기 위해서는 사용전압이 적어도 얼마이상이여야 하겠는가?

ㄴ) 가속전압이 10^5V일 때 복사되는 X선의 한계파장을 구하여라.

44. 파장이 0.04~10nm인 전자기파를 렌트겐선이라고 한다. 렌트겐선의 이 한계파장을 얻기 위한 한계전압들을 구하여라.

45. 렌트겐선의 련속스펙트르에서 최소파장은 1nm이다. 렌트겐관의 대음극으로 날아가는 전자의 최대속도를 구하여라.

46. 렌트겐관에서 가속전압이 2배로 커지면 파장은 $\Delta\lambda=5\times10^{-2}$nm만 큼 작아진다. 련속스펙트르의 짧은 한계파장을 구하여라.

47. 다음 말들에서 서로 깊은 관계에 있는 단어들로 서로 짝을 무어라.

라자포드모형	전자배치
프랑크- 헤르쯔실험	제동복사
파울리원리	α립자산란
특성X선	정상상태
보아의 가정	에네르기준위의 불련속성

48. 특성렌트겐선스펙트르의 일반구조는 그림 5-3과 같다. 이렇게 되는 근거를 설명하여라.



그림 5-3

49. 특성렌트겐선이 나올 때 보다 밖에 놓인 전자층의 전자를 떼여낼수 있다. 왜 그런가?

제6장. 원자핵과 소립자

1. 원자핵은 질량수, 전하수, 핵자들의 수에 의해 분류된다. 전하수와 질량수가 같은 핵들을 례를 들어 말하여라.
2. 세개의 동중핵 $^{96}_{40}\mathrm{Zr}$, $^{96}_{42}\mathrm{Mo}$, $^{96}_{44}\mathrm{Ru}$이 무엇이 서로 다른가를 따져보아라.
3. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.
   핵의 □는 □에 비례하므로 핵자수가 서로 □ 핵들가운데서 어느 핵이 더 □한가 하는것을 평가하기는 힘들다. 주어진 □안에서 □들이 얼마나 세게 □되여있는가를 평가하자면 □핵자에 해당되는 □값을 알아야 한다. 핵안에서 □한개를 떼내는데 드는 □를 핵의 □라고 부른다.
4. 높은 온도나 큰 압력과 같은 외부작용으로 복사를 변화시킬수 없는 현상을 아래에서 선택하여라.
   ㄱ) X선 복사　　ㄴ) 특성X선복사
   ㄷ) 전자기파복사　　ㄹ) 방사선복사
5. γ선이 나올 때 핵에서 어떤 변화가 일어나는가를 선택하여라.
   ㄱ) 양성자수와 중성자수는 변화가 없다.
   ㄴ) 양성자수는 변한다.
   ㄷ) 중성자수는 변한다.
   ㄹ) 양성자수는 변하지 않고 중성자수는 변한다.
6. 그림 6-1에서 R는 방사성물질이 들어있는 연합이며 점선부분은 자기마당구역, M은 형광막이다. 실험에서 O, P 두 곳에서 밝은 점이 생긴다. 자기마당방향과 O, P점에 어떤 방사선이 작용하는가에 대한 다음의 판단에서 옳은것을 선택하여라.
   ㄱ) 수평 오른쪽으로, β선, α선
   ㄴ) 수평 왼쪽으로, α선, β선
   ㄷ) 종이면에 수직아래쪽으로, α선, β선
   ㄹ) 종이면에 수직웃쪽으로, α선, α선

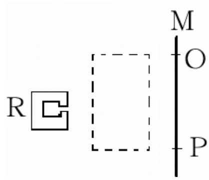


그림 6-1

7. 방사선방출이 온도, 압력, 습도 등 물리적조건과 화학적조건들의 영향을 전혀 받지 않게 되는 까닭은 무엇인가?
8. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

방사선을 □속으로 □시키면 세개의 성분 즉 □, □, □선으로 갈라진다. □선은 자기마당속에서 □게 기울어지는 성분으로서 □의 흐름이다. □선은 □속에서 □게 기울어지는 성분으로서 □의 흐름이다. γ선은 자기마당속에서 □ 않는 성분으로서 □선보다 □이 더 짧은 □이다.

9. γ선과 렌트겐선의 공통점과 차이점은 무엇인가?

10. 네온원자핵 $^{20}_{10}Ne$의 질량결손을 계산하여라. 이 핵의 질량은 33.188 8×10^{-27}kg이다.

11. $^{9}_{4}Be$에 α립자를 10^{-14}m 거리만큼 접근시키려고 한다. 얼마의 에네르기를 소비하여야 하는가.

12. 핵력이 작용하게 하기 위하여 두개의 중수소를 전기적끌힘을 극복하면서 $r=10^{-14}$m의 거리까지 접근시켜야 한다. 소비해야 할 에네르기는 몇MeV로 되겠는가?

13. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

방사성□이 □을 내보내면서 다른 □으로 전환되는 현상을 □라고 부르며 □에서는 질량수가 □, □가 2만큼 작아지는 새로운 □이 생긴다. 원자핵이 □를 내보내면서 다른 □으로 전환되는 현상을 β□라고 부른다. β붕괴때에는 □가 1만큼 □지고 □가 변하지 않는 새로운 □이 된다. α붕괴 또는 β붕괴된 후에 □이 안정한 핵으로 되면서 □를 내보내는 현상을 □라고 부르며 이때 질량수, □는 일정다.

14. 방사성핵 ^{90}Sr의 반감기는 T=20년이다. 10년, 100년 후에도 붕괴되지 않고 남아있는 핵의 수는 각각 처음핵의 몇%나 되겠는가?

15. 어떤 방사성물질의 량이 8h동안에 처음량의 1/3로 감소하였다. 48h동안에는 처음량의 몇분의 일로 되겠는가?

16. 1g의 라디움이 400년후에는 몇g으로 되겠는가? 라디움의 반감기는 약 1 600년이다.

17. $^{238}_{92}U$ 이 방사성붕괴를 계속하여 연의 동위원소 $^{206}_{82}Pb$ 로 된다. $^{208}_{82}Pb$, $^{207}_{82}Pb$, $^{206}_{82}Pb$ 가운데서 어느 원소로 되겠는가? 이때 α붕괴와 β붕괴는 몇회 진행되겠는가?

18. 철의 원자핵($^{56}_{26}Fe$)을 중성자로 포격하면 질량수가 56이고 β붕괴를 하는 망간의 동위원소가 얻어진다. β붕괴가 진행될 때까지의 과정

을 핵반응식으로 써보아라.

19. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

방사선이 □을 뚫고 지나갈 때 □이 □는 성질을 리용하여 □의 □, 제품의 □, □, 액면의 □ 등을 측정한다. 농업부문에서 종자나 식물체에 □을 □면 □변이가 일어나 □을 얻거나 □와 □를 늘일수 있고 의학부문에서는 □으로 인체의 □를 □하는 방법으로 □나 □을 치료한다.

20. 주어진 방사성물질에서 복사된 방사선들을 셈관으로 측정하였더니 그 셈관에 1min동안에 288개의 임풀스가 기록되였다. 그런데 그 때로부터 1h 지나서 1min동안에 기록된 임풀스수는 72개로 되였다. 이 방사성물질의 반감기는 얼마인가?

21. 지구의 년령은 약 45억년이고 $^{238}_{92}U$ 의 반감기는 4.5×10^9년이다. 지각이 형성되였을 때 우라니움광석속에는 연이 전혀 없었다고 보고 현재의 우라니움광석속에 포함되여있는 $^{238}_{92}U$ 과 ^{206}Pb의 질량비를 구하여라.

22. 갑상선치료에 쓰이는 방사성요드의 반감기는 8.1d이다. 환자의 몸에 그것을 약간량 넣었을 때 8.1d, 16.2d 후 몸에 남아있는 방사성물질의 비률을 구하여라.

23. 다음 말들에서 서로 깊은 련관이 있는 단어들끼리 짝을 무어라.

결합에네르기	핵의 구조
방사성동위원소	형광계
일반화모형	표식원자
방사선측정장치	핵반응에네르기
비결합에네르기	질량수

24. 핵반응과 화학반응의 본질적차이는 무엇인가?

25. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

^{27}Al에 느린 중성자를 쪼이면 중성자가 원자핵에 붙잡히고 그대신 □을 내보내면서 □가 하나 더 많은 동위원소 □이 생긴다. 이 ^{28}Al은 □에 의하여 □가 하나 많은 ^{28}Si로 된다. 이때 ^{28}Si는 □으로서 그의 반감기는 2∼3min이므로 □은 □후에 1/8로 되고만다.

26. 우라니움원자가마에서 $^{238}_{92}U$ 이 중성자를 포획하여 $^{239}_{92}U$ 로 전환될

때 γ복사를 동반한다. 이 우라니움의 동위원소 $^{239}_{92}U$ 는 붕괴되여 새로운 원소인 넵투니움(Np)으로 전환되고 이 원소는 또 β붕괴를 하여 새로운 원소인 풀루토니움(Pu)으로 전환된다. 우라니움에서 풀루토니움을 얻는 핵반응과정을 반응식으로 써보아라.

27. 다음의 핵반응식들을 완성하여라.

ㄱ) $^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + \square$

ㄴ) $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + \square$

ㄷ) $^{206}_{81}Tl \rightarrow ^{206}_{82}Pb + \square$

ㄹ) $^{20}_{15}P \rightarrow ^{20}_{14}Si + \square$

28. 초중수소핵($^{3}_{1}H$)에 중수소핵($^{2}_{1}H$)을 쏘아서 일으킨 핵반응식을 써보아라.

29. $^{14}_{7}N$이 α립자($^{4}_{2}He$)를 포획한 결과 어떤 원자핵과 양성자가 형성되였다. 반응식을 쓰고 새 원소를 결정하여라.

30. $^{14}_{7}N$이 $^{1}_{0}n$을 포획한 결과 어떤 원소핵과 α립자를 형성하였다. 반응식을 쓰고 새 원소를 결정하여라.

31. $^{27}_{13}Al$에 $^{1}_{0}n$를 쏘았을 때 α립자($^{4}_{2}He$)가 나오면서 어떤 원자핵이 형성되였다. 그것을 결정하여라.

32. $^{27}_{13}Al$에 $^{1}_{0}n$로 쏘았을 때 $^{28}_{13}Al$이 형성되였다. 또 무엇이 나타났겠는가?

33. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

1938년에 □중성자로 □을 타격할 때 □이 □ 쪼각으로 갈라지며 □개의 □와 함께 많은 □가 나온다는것이 알려졌다. 이처럼 □ 원자핵이 서로 비슷한 □를 가진 □개의 원자핵으로 갈라지는 □반응을 □반응이라고 부른다.

34. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

질소의 □원소의 원자핵 $^{14}_{7}N$ 를 □로 포격할 때 □의 원자핵 $^{14}_{6}C$ 가 얻어지는데 이것이 □붕괴를 일으키면서 다시 □로 넘어간다. 이 반응을 식으로 쓰면 $^{14}_{7}N + \square \rightarrow ^{14}_{6}C + \square$, $^{14}_{6}C \rightarrow \square + \square$로 된다.

35. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

원자번호 3, 질량수 6의 리티움은 □으로 표시한다. $^6_3$Li 원자는 원자핵을 둘러싸는 □개의 □를 가지며 그의 원자핵은 □개의 □와 □개의 중성자로 구성되여있다. $^6_3$Li 핵은 중성자 ^1_0n 을 흡수하여 다음 식으로 표시되는 핵반응을 일으킨다.

$$^6_3\text{Li}+^1_0n \rightarrow ^3_1\text{H}+\square$$

이 반응에서 나오는 3중수소 $^3_1$H 은 방사성을 가지며 □선을 내보내고 $^4_2$He 로 변한다. 그의 반감기가 12년이면 3중수소 $^3_1$H 은 36년후에 처음의 □로 된다.

36. $^7_3$Li 핵에 빠른양성자($^1_1$H)가 충돌할 때 두개의 α 립자($^4_2$He)가 대단히 큰 에네르기를 가지고 방출된다. 그 반응식은

$$^7_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow 2\,^4_2\text{He}$$

이다. $^7_3$Li 의 질량은 7.016u, $^1_1$H 의 질량은 1.007 83u, $^4_2$He 의 질량은 4.002 6u 이다. α 립자는 한개당 얼마만한 에네르기를 가지고 튀여나오는가? α 립자의 방출속도는 얼마인가?

37. $^{226}_{88}$Ra, $^{222}_{86}$Rn, $^4_2$He 의 원자량은 각각 226.025 4u, 222.017 5u, 4.002 6u이다. 라디움이 α 붕괴될 때 내보내는 에네르기는 얼마인가?

38. 정지한 리티움 $^7_3$L (7.0160u)에 양성자 $^1_1$H (1.0073u)를 부딪치게 하면 두개의 헬리움 $^4_2$He (4.0026u)가 얻어진다.

ㄱ) 핵반응식을 써보아라.

ㄴ) 우의 핵반응식에서 유리되는 에네르기는 몇MeV인가?

ㄷ)우의 반응에서 양성자가 처음에 가지고있던 운동에네르기는 0.9MeV, 두개의 헬리움핵이 얻은 운동에네르기는 8.9MeV였다. 반응전후의 에네르기보존법칙을 확인하여라.

39. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

핵분렬련쇄반응은 매우 짧은 시간사이에 일어나며 이때 방대한 □가 밖으로 나온다. □때 나오는 이 에네르기를 리용하여 만든 폭탄을 □이라고 부른다. □으로 표시하면

$$^{235}_{92}\text{U}+\square\rightarrow ^{142}_{56}\text{Ba}+^{91}_{36}\text{Kr}+\square+200\text{MeV}$$

또는 $^{235}_{92}\text{U}+\square\rightarrow ^{139}_{54}\text{Xe}+^{95}_{38}\text{Sr}+\square+\square\text{MeV}$

40. 1s동안에 0.2mg의 우라니움 $^{235}_{92}U$을 소비하는 원자력발전소의 출력은 얼마인가? 이 발전소의 효률은 20%이다. 한개의 우라니움핵이 분렬될 때 나오는 에네르기는 200MeV이다. 이 발전소에서 하루에 소비하는 우라니움의 량은 얼마인가?

41. 효률이 20%인 원자력발전소의 출력이 5×10^5kW이다. $^{235}_{92}U$핵의 매 붕괴에서 3.2×10^{-11}J의 에네르기가 나온다면 1년동안에 필요한 핵연료의 량은 얼마이겠는가? 효률이 35%이고 같은 출력을 내는 화력발전소의 년간 석탄소요량은 얼마인가? 석탄의 발열량은 3×10^7 J/kg이다.

42. 어떤 원자력기관이 하루동안에 200g의 우라니움 $^{235}_{92}U$를 소비한다. 이 기관의 출력이 32 000kW라면 그것의 효률은 얼마인가?

43. 다음 말들에서 서로 깊은 련관이 있는 단어들끼리 짝을 무어라.

열전자	결정구조
라이만계렬	핵분렬
라우에무늬	방사성동위원소
반감기	에네르기준위
빛량자	아인슈타인
원자탄	진공관

44. 다음 설명에서 옳고그른것을 가르고 그 근거를 밝히여라.

ㄱ) 모든 물체들사이에서 만유인력이 작용하듯이 핵력도 핵을 이루는 모든 핵자들사이에 작용한다.

ㄴ) 전자는 원자핵과 함께 원자를 이루며 원자의 이온화를 통해서만 원자밖으로 나올수 있다.

ㄷ) 개별적핵자들이 결합하여 핵을 이룰 때에는 원자핵의 질량이 그 핵을 이루는 개별적핵자들의 질량의 합보다 작다. 따라서 핵융합때 질량은 줄어든다. 반대로 핵분렬때에는 질량이 늘어난다.

ㄹ) 원자속에서 전자들은 밖으로부터 외부작용을 받으면 원자핵의 전기적끌힘을 이겨내고 밖으로 떨어져나온다. 그러나 핵을 이루고있는 핵자들은 매우 센 핵력이 작용하기때문에 외부작용의 영향을 잘 받지 않는다.

ㅁ) 핵은 대단히 견고하고 안정하기때문에 모든 원자핵들의 변환은 쉽게 이루어질수 없다.

ㅂ) 방사성붕괴는 원자핵내부에서 일어나는 핵반응이라고 볼수 있다.
ㅅ) 전자에 의한 핵반응에 대하여 생각할수 없는것은 전자의 전기량이 매우 작기때문이다.
ㅇ) 가벼운 원자핵일수록 핵반응을 실현시키기가 더 쉽다. 그것은 가벼운 원자핵들은 핵자수가 적기때문에 쉽게 핵자들을 떼여낼수 있기때문이다.

45. 다음 설명에서 옳고그른것을 가르고 그 근거를 밝히여라.

ㄱ) β선은 α선보다 이온화능력이 100배나 크므로 투과능력도 1000배로 크다.
ㄴ) 반감기는 원자핵의 수가 절반으로 될 때까지의 시간으로서 원자핵의 종류에 관계된다.
ㄷ) 적외선, 자외선, X선, α선, β선, γ선은 다 전자기파로서 외부작용이 없이 스스로 나오는 눈에 보이지 않는 복사선이다.
ㄹ) 반감기는 원자핵의 수가 절반으로 줄어드는데 걸리는 시간이며 반감기의 2배 되는 시간이 지나면 원자핵의 수는 령이다.
ㅁ) β붕괴 때 나오는 전자는 핵안에서 튀여나오는것이며 핵밖의 전자도 핵안으로 들어갈수 있다.
ㅂ) 모든 핵들에서 핵자들사이에 작용하는 핵력은 같지만 핵의 종류에 따라 결합에네르기는 다르다. 그러므로 결합에네르기를 핵자수로 나눈 값인 비결합에네르기는 일정하다.
ㅅ) 무거운 핵의 분렬시 질량결손에 해당한 에네르기가 밖으로 나오지만 가벼운 핵의 융합때는 밖으로부터 질량결손에 해당한 에네르기를 받아들인다.
ㅇ) 핵들가운데서 반감기가 짧은것일수록 단위시간동안에 나오는 방사선의 수가 많다.

46. 새로운 핵이 생겨날 때 핵을 이루는 전체 알갱이의 질량의 합은 매개 중성자와 양성자의 질량의 합보다 작다. 그 원인에 대한 설명에서 정확한것을 선택하여라.

ㄱ) 핵안에 양성자, 중성자외에 다른 알갱이가 있기때문이다.
ㄴ) 전자가 핵둘레를 돌 때 에네르기를 필요로 하기때문이다.
ㄷ) 알갱이가 결합하여 원자핵을 이룰 때 결합에네르기를 내보내기때문이다.
ㄹ) 실험실에서 부정확하게 측정했기때문이다.

47. 가벼운 원자핵들이 핵융합반응할 때에는 무거운 원자핵의 핵분렬반응때보다

ㄱ) 더 많은 에네르기가 나온다.

ㄴ) 더 적은 에네르기가 나온다.

ㄷ) 꼭 같은 에네르기가 나온다.

ㄹ) 더 많은 에네르기가 나올수도 있다.

ㅁ) 더 적은 에네르기가 나올수도 있다.

48. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

태양에서와 마찬가지로 □ 원자핵들이 □되여 보다 □한 핵으로 될 때에는 □때보다 더 큰 □가 나온다. 이처럼 □ 원자핵들이 □되여 □의 다른 핵으로 넘어가는 핵반응을 □이라고 부른다.

49. 핵융합반응, 열핵반응이란 말은 한가지 핵반응에 대한 두가지표현이다. 왜 이런 표현들이 있는가?

50. 핵융합반응의 실례들을 들어보아라.

51. 핵융합반응 ${}_1^2\mathrm{D}+{}_1^3\mathrm{T}\rightarrow{}_2^4\mathrm{He}+{}_0^1n+17.6\mathrm{MeV}$ 에서 방출되는 에네르기 Q_1 이 ${}_{92}^{235}\mathrm{U}$ 핵 10kg 이 완전히 분렬될 때 나오는 에네르기 Q_2 와 같게 하자면 ${}_1^2\mathrm{D}$, ${}_1^3\mathrm{T}$ 의 질량을 얼마나 취하여야 하겠는가? ${}_1^2\mathrm{D}$, ${}_1^3\mathrm{T}$ 핵이 각각 1개가 융합될 때 방출되는 에네르기 $q_1=17.6\mathrm{MeV}=28.2\times10^{-13}\mathrm{J}$ 이며 ${}_{92}^{235}\mathrm{U}$ 핵 1개가 붕괴될 때 방출되는 에네르기는 $q_2=3.2\times10^{-11}\mathrm{J}$ 이다.

52. 수소폭탄에서 1kg의 헬리움이 융합될 때에 유리되는 에네르기를 결정하여라.

53. 양성자와 중성자로 헬리움 1g을 만들 때 유리되는 에네르기를 구하여라.

54. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

원자핵과 □는 서로 □를 주고받으면서 결합하여 □를 이룬다. 모든 □들은 □, □, □의 크기가 같은데 부호가 반대인 □를 가진다. 양전자와 □가 만나면 동시에 □되고 □가 발생한다.

55. 다음 말들에서 서로 깊은 련관이 있는 단어들끼리 짝을 무어라.

질량결손	전자의 흐름
α선	반감기
련쇄반응	He원자핵

β선	결합에네르기
셈관	원자탄
방사성붕괴	중성자탄
열핵반응	이온화작용

56. 파장이 4.7×10^{-4}nm인 γ립자가 중수소핵에 떨어져 그 핵을 매개의 핵자들로 완전히 분해하였다. 이때 생긴 핵자들의 운동에네르기의 총합이 0.46MeV이라면 핵의 결합에네르기는 얼마였겠는가?

57. 다음의 □안에 알맞는것을 써넣어라.

양성자는 □를 내보내면서 □로 전환되며 중성자는 □를 내보내면서 □로 전환된다.

58. 에네르기가 3MeV인 γ립자가 전자쌍으로 전환되였다. 전자와 양전자의 에네르기가 같다고 하면 그것들의 에네르기값을 얼마이겠는가?

59. 다음 말들에서 서로 깊은 련관이 있는 단어들끼리 짝을 무어라.

강한 호상작용	모든 립자	글류온
전자기호상작용	하드론	포톤
약한 호상작용	대전립자	중력자
중력호상작용	모든 립자	W립자

60. 다음 말들에서 서로 깊은 련관이 있는 단어들끼리 짝을 무어라.

가벼운핵	불안정
원자핵	중성자
β선	이온화작용
소립자	투과성
셈관	반립자
X선	전자
원자로	감속재

61. 다음 말들에서 서로 깊은 련관이 있는 단어들끼리 짝을 무어라.

가속장치	핵분렬
중성자	중성자수
련쇄반응	핵반응
반응속도	림계질량
교환립자	소립자

제7장. 여러가지 매질속에서의 전류

1. 자름면적이 S인 도선이 면에 수직인 방향으로 속도 v_0으로 운동한다. 만일 도선이 닫겼다고 하면 그것이 급격히 멎을 때 얼마만한 전기량이 도선으로 지나가겠는가?
2. 직경이 0.4mm인 동선과 콘스탄탄선을 1m씩 취하여 열전대를 만들었다. 두 이음점의 온도가 각각 0℃, 800℃일 때 열전동력이 9.06mV였다. 열전류의 크기를 구하여라. 동의 비저항은 1.7×10^{-8} Ω·m이고 콘스탄탄의 비저항은 50×10^{-8}Ω·m이다.
3. 이음점들의 온도차 1℃마다 열전동력이 400μV인 열전대가 있다. 열전대의 이음점사이의 온도차가 400℃를 유지할 때 열전동력이 12V인 열전지를 만들려면 몇개의 열전대를 직렬로 이어야 하는가?
4. 열전대의 한쪽 이음부는 로속에, 다른쪽 이음부는 0℃의 온도에 놓이게 하였다. 열전대에 련결한 전류계로 1.2×10^{-4}A의 전류가 흐른다. 열전대의 저항은 10Ω이고 전류계의 저항은 90Ω이라면 로의 온도는 얼마인가? 열전대의 온도차 1℃마다 열전동력은 0.01mV이다.
5. 겉면적이 $S=120\text{cm}^2$인 금속제품을 니켈도금하는데 0.3A의 전류를 5s동안 통과시켰다. 니켈층의 두께를 구하여라. $k=0.3\times10^{-6}$kg/C, $\rho=8.8\times10^3\text{kg/m}^3$
6. 동을 얻기 위해 류산동용액속에 10s동안에 0～3A까지 고르롭게 전류를 흘려보냈다. 음극에 석출된 동의 질량은 얼마인가? $k=0.328\times10^{-6}$kg/C이다.
7. 전해질의 해리가 어떤 요인에 의하여 일어나는가?
8. 전해질용액속에 이온들이 있다. 전해질용액이 있는 주위에 전기마당이 있는가? 왜 그런가?
9. 평행평판이 공기속에서 1.2cm를 사이에 두고 12V의 전위차를 가진다. 이온화에네르기가 4.32eV인 칼리움원자가 이 축전기극판사이에 들어갈 때 충돌이 없이 운동할수 있는 거리가 5×10^{-4}m라면 어떤 방전이 일어나겠는가?
10. 어떤 네온등에서 전극사이의 거리는 d이며 네온의 이온화에네르기는 E이다. 이 네온등속에서 전자가 충돌없이 운동할수 있는 거리

가 l이다. 그러면 전극에 얼마만한 전압을 걸어야 네온등이 발광하겠는가?

11. 평행평판전극이 있는 방전관에 전류 I가 흐른다. 방전관에 걸린 전압은 U이다. 만일 전자들이 음극에서 속도 v_0으로 날아간다고 하면 전자들이 양극에 주는 힘은 얼마이겠는가?

12. 기체방전관에서 이온화작용이 같은 조건에서 두 극판사이 거리를 가까이 하면 포화전류의 세기는 어떻게 변하는가?

13. 희박한 기체속에서의 방전은 관속의 기체압력이 작을 때 잘 일어난다. 그러면 관속의 기체압력이 지나치게 낮아지면 어떻게 되겠는가?

14. 다음 글에서 □안에 알맞는 말을 써넣어라.

음극암흑부가 생기는 리유는 음극에서 생겨나는 □들이 인차 기체원자와 충돌하는것이 아니라 일정한 거리를 지나서 □하는것으로 설명된다. 음극암흑부의 길이는 기체의 □이 감소하는데 따라서 □한다. 양광부에는 양이온도 있고 □도 있기때문에 여기서 이온의 □이 세게 일어나면서 빛을 낸다.

15. 음극선을 얻기 위하여 음극선관의 전극에 3 000V의 전압을 걸어주었다. 전자의 에네르기와 최대속도를 구하여라.

16. 탄소호광등에서 양극은 항상 음극보다 굵은 봉을 쓴다. 왜 그런가?

17. 왜 겨울에는 우뢰소리를 듣기 힘든가?

18. 다음 물음에 대답하여라.

ㄱ) 건조한 공기속에 있는 잘 절연된 전지도 결국은 방전하고 만다. 왜 그런가?

ㄴ) 전기띤 박검전기의 머리부분에 자외선등을 가져가면 바늘이 내려간다. 왜 그런가?

19. 어떤 반도체결정의 충만띠와 전도띠사이의 금지띠의 너비가 1.5eV이다. 값전자띠의 맨 웃준위의 전자를 전도띠에로 이행시키려고 한다.

ㄱ) 온도를 몇K로 높여야 하는가?

ㄴ) 빛을 쪼이는 경우 파장은 얼마로 하여야 하는가?

20. 나트리움결정은 $3p$준위에서 $2s$준위로 값전자가 이행할 때 내는 빛의 파장이 제일 긴것과 제일 짧은것과의 차가 0.38×10^{-7}m 이다.

나트리움결정의 $3p$준위의 너비를 평가하여라. 이때 중심파장은 1.5×10^{-7}m이다.

21. 띠구조로 도체, 반도체, 부도체를 가르려고 한다. 무엇을 기준으로 가르겠는가?

22. 게르마니움의 금지띠의 너비는 0.67eV이다. 파장이 얼마인 빛을 쪼일 때 게르마니움의 고유반도체가 전도성을 띠겠는가?

23. 방안온도에서 게르마니움의 전도전자수밀도는 $n=3\times10^{19}\,\mathrm{m}^{-3}$이다. 이 전도전자수밀도는 전체원자수밀도의 몇 %나 되는가? 게르마니움의 몰질량은 0.072 6kg/mol, 밀도는 5.32×10^{3}kg/m^{3}이다.

24. 방안온도에서(300K) 규소반도체의 경우에는 10^{12}개당 1개, 게르마니움반도체의 경우에는 10^{9}개당 1개의 원자가 전자 1개를 잃는다. 규소와 게르마니움에서 전기나르개의 수밀도를 계산하여라. 규소의 밀도는 2.34×10^{3}kg/m^{3}, 게르마니움의 밀도는 5.32×10^{3}kg/m^{3}, 몰질량은 각각 28.6×10^{-3}kg/mol, 72.6×10^{-3}kg/mol이다.

25. 순수반도체인 규소반도체와 게르마니움반도체에서 전자, 구멍쌍이 생기려면 전자가 각각 1.21eV, 0.78eV보다 큰 에네르기를 가져야 한다. 전자가 열운동에 의하여 이만 한 에네르기를 가지게 되는 온도를 계산하여보아라. 방안온도에서 반도체에 상당한 수의 전기나르개가 있다는 사실을 어떻게 설명할수 있는가?

26. 혼입물반도체에서 주개준위의 전자는 수소원자속의 전자와 비슷하다. 주개준위의 전자가 전도띠에로 이행하는데 필요한 에네르기를 규소와 게르마니움에 대하여 평가하여라. 규소의 유전률은 1, 게르마니움의 유전률은 16이며 규소의 원자번호는 14, 게르마니움의 원자번호는 32이다.

27. 반도체의 전기저항은 어떤 방법으로 변화시킬수 있는가?

28. 순수반도체와 혼입물반도체의 전도성에서의 차이점은 무엇인가?

29. 고유반도체, n형반도체, p형반도체는 무엇이 다른가?

30 p－n 이음에서 전자는 n형반도체쪽에서 p형반도체쪽으로, 구멍은 그 반대로 움직여가므로 《＋》전기량과 《－》전기량을 합하면 p－n이음에서 전류의 세기가 령이 되지 않는가?

31. p－n이음에서 생긴 전기마당은 기본전기나르개와 비기본전기나르개들에 어떤 영향을 주는가? 왜 그런가?

32. 그림 7-1의 회로에서 매 요소에 흐르는 전류의 방향을 각각 표시하여라. 전원의 두 극을 바꾸면 전류의 방향이 어떻게 되겠는가?

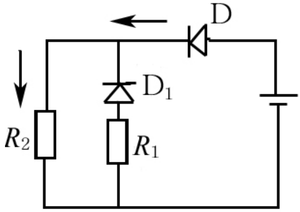


그림 7-1

33. 바른방향턱전압이 $U_{바}=0.8\text{V}$인 2극소자와 저항값이 100Ω인 저항을 직렬련결하였다.(그림 7-2)

ㄱ) 전류-전압특성을 구하여라.

ㄴ) 2극소자에 흐를수 있는 허용전류는 30mA이다. A점과 C점사이에 최대로 얼마만한 전압이 걸릴수 있는가?

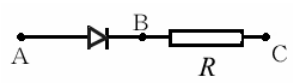


그림 7-2

ㄷ) A점과 C점사이에 걸린 전압과 그것에 흐르는 전류사이의 관계식을 세워라.

ㄹ) 회로에 $\mathcal{E}=4.5\text{V}$, $r=200\Omega$인 전원을 이었을 때 매 요소에 걸린 전압은 얼마인가?

34. 규소전압안정2극소자의 바른방향의 턱전압은 $U_{바}=0.8\text{V}$이고 거꿀방향의 전압은 $U_{거}=4\text{V}$이다. 이 소자의 정격전력이 $P=0.5\text{W}$라면 바른방향으로 흐를수 있는 최대전류와 거꿀방향으로 흐를수 있는 최대전류는 얼마인가?

35. 그림 7-3의 회로들에서 A점과 B점의 전위는 얼마인가? 회로에 들어있는 2극소자는 규소2극소자로서 바른방향의 턱전압은 0.6V이다.

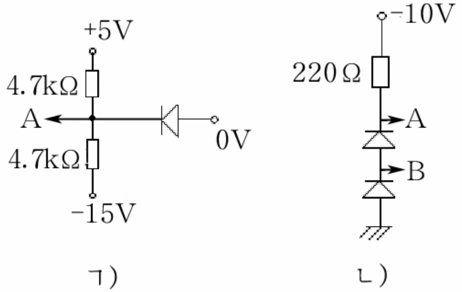


그림 7-3

36. 그림 7-4와 같은 회로에서 B점과 C점에 다음과 같은 전압을 걸어줄 때 어느 경우에 3극소자가 열리겠는가?

ㄱ) B＝+10V, C＝+10V

ㄴ) B＝+12V, C＝−20V

ㄷ) B＝0V, C＝−15V

ㄹ) B＝−10V, C＝−10V

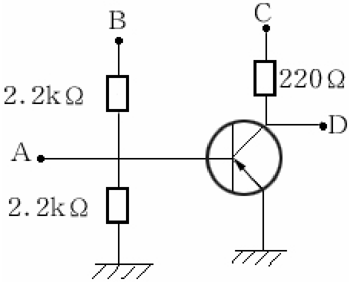


그림 7-4

37. 열저항이 주어진 온도구간에서 $R=200(1-10^{-2}t)$에 따라 변한다고 하자. 열저항을 전원, 전기종과 직렬련결하였다. 전원은 축전지로서 전동력이 12V이고 내부저항은 0이다. 전기종은 저항이 20Ω인 저항과 등가인것으로 볼수 있다. 전기종은 6V의 전압이 걸리면 울린다. 회로를 그리고 종이 얼마만한 온도에서 울리기 시작하겠는가를 결정하여라.

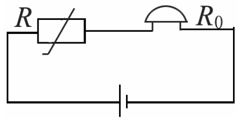


그림 7-5

제8장. 물리학의 최신성과, 나노기술의 기초

1. □, □, □공정을 거쳐 하나의 반도체결정안에 여러가지 반도체□들과 □, □들을 만들어넣고 그것이 일정한 □을 수행하도록 이어놓은 전자요소를 집적회로라고 부른다.
2. □는 Si반도체결정안의 지적된 곳에 □ 또는 □혼입물을 □게 또는 □게, 진하게 또는 연하게 넣는 방법으로 □, □, □,축전기를 만들고 이것들을 하나의 □로 이어서 만든다.
3. 하나의 반도체결정안에 여러개의 기능을 수행하는 요소들로 이루어진 전자회로를 넣은 전자요소를 □라고 부른다.

   ㄱ) 반도체3극소자　　ㄴ) 집적소자　　ㄷ) 나노소자
   ㄹ) 초전도소자　　ㅁ) 빛소자
4. 원기둥모양의 플라즈마에 전류가 흐를 때 전류는 자기마당을 만들고 이 마당이 전류에 힘을 주어 자체로 모여들게 하는데 이런 현상을 □라고 부른다.

   ㄱ) 굴효과　ㄴ) 빛전기효과　ㄷ) 자기리력효과　ㄹ) 핀치효과
5. □를 가열하면 기체□와 □들이 더 빠른 속도로 열운동하게 되며 그 과정에 서로 □하여 □으로 된다. 이렇게 부분적으로 혹은 □ 이온화되고 전체적으로 □상태인 물질의 □ 상태를 □라고 부른다.
6. 밖에서 빛을 쪼이거나 전자로 타격하여 에네르기를 주면 활성원자준위나 충만된 값전자의 전자가 전도띠로 올라간다. 이때 전도띠에 있던 전자들이 활성원자준위로 내려오면서 내보내는것이 □이다.

   ㄱ) 린광　ㄴ) 형광　ㄷ) 찬빛　ㄹ) 보임빛　ㅁ) 자외선
7. 다음의 련관되는 술어들로 짝을 맞추어라.

소규모집적소자	론리
신형집적소자	10개
수자형집적소자	10만개
초대규모집적소자	변조
플라즈마	이온화
극광현상	중성상태

8. 보통광원에서 전자들은 려기준위에 있다가 일정한 시간이 지나면 스스로 바닥상태로 떨어지면서 빛을 내는데 이것을 □라고 부른다.

ㄱ) 자발복사 ㄴ) 강제복사 ㄷ) 찬빛복사 ㄹ) X선복사 ㅁ) γ선복사

9. 다음의 련관되는 술어들로 짝을 맞추어라.

플라즈마트론	기체방전관
고온플라즈마	TV수상관
활성원자준위	구멍뚫기
전자찬빛	조종열핵반응
저온플라즈마	찬빛

10. 다음 설명의 정확성을 판단하여라.
   ㄱ) 찬빛의 진동수는 그것을 일으킨 빛의 진동수보다 크다.
   ㄴ) 임의의 물질은 린광 혹은 형광을 낼수 있다.

11. 다음의 설명에서 정확한것은 어느것인가?
   찬빛의 진동수는 그것을 일으키는 빛의 진동수 보다
   ㄱ) 크다
   ㄴ) 크지 않다.
   ㄷ) 와 같다.
   ㄹ) 클 때도 있고 작을 때도 있다.
   ㅁ) 작다.

12. 바닥준위의 전자가 넓은 진동수구간으로 되여있는 띠 2로 올라갔다가 10^{-8}s안에 띠 3으로 내려와서 10^{-3}s정도 상당히 오래 머물러있으므로 부온도상태가 이루어진 물질이 바로
   ㄱ) 홍보석레이자
   ㄴ) 기체레이자
   ㄷ) 액체레이자
   ㄹ) 반도체레이자
   ㅁ) 고체레이자물질이다

13. 다음의 련관되는 술어들로 짝을 맞추어라.

집적소자	자기류체식발전기
저온플라즈마	찬빛물질
류화아연	빛의 증폭
레이자	정상파
공진기	단결정

14. 다음의 설명에서 정확성을 판단하여라.
   ㄱ) 임의의 물질은 레이자빛을 낼수 있다.

ㄴ) 레이자빛은 진동수, 자리각, 진동방향이 같다.

ㄷ) 어떤 레이자물질의 레이자빛의 진동수는 고정되여있다.

ㄹ) 레이자물질에 임의의 진동수를 가진 빛을 쪼이면 강제복사가 일어난다.

15. 바닥준위보다 려기준위에 더 많은 전자들이 놓이는 반전분포가 실현된 물질을 □이라고 부른다.

ㄱ) 초고압물질 ㄴ) 레이자물질 ㄷ) 초전도물질

ㄹ) 나노물질 ㅁ) 찬빛물질 ㅂ) 반도체물질

16. 레이자빛은 □가 일정한 리상적인 □빛이며 세게 □되므로 세기가 매우 크다. 따라서 레이자빛은 □, □를 잘 일으키며 3차원영상인 □을 얻을수 있으며 □성이 크고 □이 일정하므로 거리 등을 측정하는데 리용한다.

17. 호광방전을 일으켜 센 플라즈마흐름을 내보내는 기구를 □라고 부른다.

ㄱ) 싸이클로트론 ㄴ) 플라즈마발진기 ㄷ) 레이자발진기

ㄹ) 플라즈마발동기 ㅁ) 플라즈마트론

18. 강제복사에서 나오는 빛은 진동수, 진행방향, 자리각 및 진동면이 쪼여 준빛과 같으므로 간섭조건을 만족시킨다. 이때

ㄱ) 전자가 사태처럼 늘어난다.

ㄴ) 빛량자가 사태처럼 늘어난다.

ㄷ) γ립자가 사태처럼 늘어난다.

ㄹ) 원자가 사태처럼 늘어난다.

ㅁ) α립자가 사태처럼 늘어난다.

19. 보통 □GPa이상의 □ 압력에서는 보통 □일 때 볼수 없었던 물질의 □성질이 나타나는데 이것을 연구하는 □의 분야를 초고압물리학이라고 부른다.

20. 다음의 련관되는 술어들로 짝을 맞추어라.

나노립자	인공금강석
찬빛	스톡스의 법칙
초고압	부온도상태
초전도물질	림계온도
레이자물질	활성

21. 다음의 련관되는 술어들로 짝을 맞추어라.

초전도현상	초고속렬차
초고압	전자쌍
초전도체	충격파
초전도자석	전기저항
탄소원자	나노관

22. 나노기술은 nm척도에서 □를 조작하여 구조나 배렬을 조종하고 물질의 새로운 기능이나 보다 우월한 특성을 발현시키기 위한 기술이다.

ㄱ) 원자나 분자　ㄴ) 전자나 핵　ㄷ) 결정이나 구조

ㄹ) 살창이나 형태　ㅁ) 모양이나 구조

23. 수～수백개정도의 원자와 분자들이 일정한 형식으로 모여 얻어진 나노초미립자를 □라고 부른다.

ㄱ) C_{60}플러렌　ㄴ) 나노관　ㄷ) 나노사기

ㄹ) 나노클라스터　ㅁ) 나노금속

24. 나노기술로 만든 나노정도크기를 가진 초미립자들의 3차원적응집체를 □라고 부른다.

ㄱ) 나노립자　ㄴ) 나노선　ㄷ) 나노막　ㄹ) 나노덩이　ㅁ) 나노관

《열정은 사색을 동반하고 사색은 열정을 불러일으켜 지칠줄 모르는 창조적힘을 낳게 한다.》

김정일

답 편

제 1 장

1. ㄴ, 대기속에서 굴절되기때문이다.

2. ㄱ, ㄷ, 겉보기깊이에 있는것으로 보기때문이다.

3. 거울에 대한 S의 대칭점에 모인다.

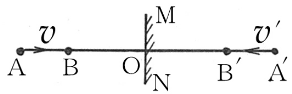
4. 0.2m

5. ① 사람이 다가갈 때(그림 ㄱ)

어떤 시각 사람과 그 영상의 자리를 각각 A, A′, t시간 후 그 자리를 B, B′라고 하면

$$AB = AO - BO = A'O - B'O = A'B' \rightarrow AB = A'B'$$

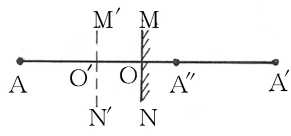
같은 시간동안에 사람과 영상이 움직여간 거리가 같으므로 사람의 속도와 영상의 속도는 같다.



ㄱ)

② 거울을 움직일 때(그림 ㄴ)

어떤 시각 사람과 영상의 자리를 각각 A, A′라고 하고 거울을 OO′만큼 움직였을 때 영상이 A′A″만큼 움직였다고 하자. 이때



ㄴ)

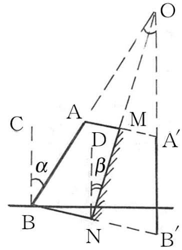
$$AO = A'O, \quad AO' = A''O'$$

그림에서

$$OO' = AO - AO' = A'O - A''O' = (A'O' - OO') - A''O' =$$
$$= (A'O' - A''O') - OO' = A'A'' - OO'$$
$$\therefore \ A'A'' = 2 \times OO'$$

같은 시간동안에 영상이 움직인 거리는 거울을 움직인 거리의 2배

이다. 따라서 영상의 속도는 거울의 속도의 2배 이다.



6. 평면거울을 드림선방향과 15° 되게 세우면 막대기의 영상이 바로 서게 된다.(옆의 그림)

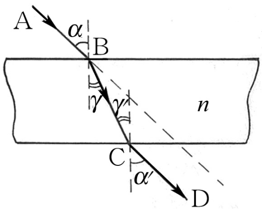
7. 2.9m

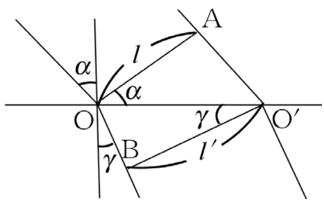
8. 평판 웃면에서의 입사각과 굴절각을 각각 α, γ, 아래면에서의 입사각과 굴절각을 각각 γ', α' 라고 하면(아래 왼쪽 그림) 두 경계에서의 빛의 굴절법칙은

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=n\,,\quad \frac{\sin\gamma'}{\sin\alpha'}=\frac{1}{n}\ \rightarrow\ \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}=\frac{\sin\alpha'}{\sin\gamma'}$$

그런데 $\gamma=\gamma'$ 이므로 $\sin\alpha=\sin\alpha' \ \rightarrow\ \alpha=\alpha'$

$$\therefore AB /\!/ CD$$

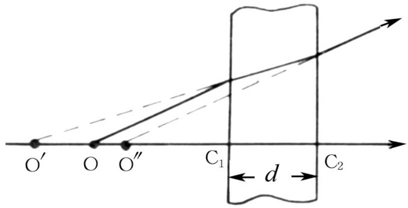




9. $h'\approx 0.5h$

10. 우의 오른쪽 그림 $l'=3.77\text{cm}$

11. 물체 O를 지나며 판에 수직인 빛선과 판의 량쪽 면이 사귀는 점을 각각 C_1, C_2이라고 하자. O에서 나와 앞면에서 굴절된 빛선에 의하여 생긴 영상을 O′라고 하면



$$C_1O'=\frac{C_1O}{1/n}=C_1O\cdot n \qquad (1)$$

평판의 앞면에서 굴절된 빛은 O′에서 떠난 빛과 같이 나가다가 뒤면에서 굴절되여 영상 O″를 만든다.

$$C_2O''=\frac{C_2O'}{n}=\frac{d+C_1O'}{n} \qquad (2)$$

식 1을 식 2에 넣으면

$$C_2O''=\frac{d+C_1O\cdot n}{n}=\frac{d}{n}+C_1O \qquad (3)$$

또한

$$C_2O'' = C_1C_2 + C_1O'' = d + C_1O'' \qquad (4)$$

식 3, 4로부터

$$d + C_1O'' = \frac{d}{n} + C_1O$$

$$\therefore \quad C_1O - C_1O'' = d - \frac{d}{n} = \frac{n-1}{n} \cdot d$$

여기서 $C_1O - C_1O'' = OO''$ 는 판을 통하여 물체를 볼 때 가까와진 거리이다. 즉 물체는 판의 두께의 $\frac{n-1}{n}$배만큼 가깝게 보인다.

12. 물속에서 유리밑바닥을 본다고 하면 A의 영상이 A′에 보인다. 이때 유리의 겉보기두께는

$$d_1' = \frac{d_1}{n_1 / n_2} = \frac{n_2 d_1}{n_1} \qquad (1)$$

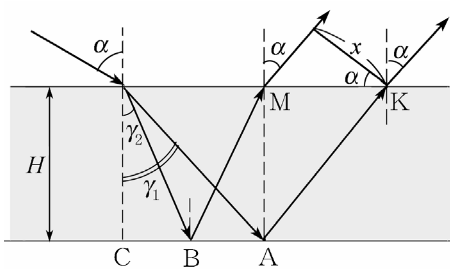
공기속에서 볼 때 A′의 영상이 A″에 보인다. 이때 관찰자가 보는 겉보기깊이는

$$d = \frac{d_2 + d_1'}{n_2} \qquad (2)$$

식 1을 식 2에 넣으면

$$d = \frac{d_2 + d_1'}{n_2} = \frac{d_2 + \frac{n_2}{n_1} d_1}{n_2} = \frac{d_2}{n_2} + \frac{d_1}{n_1}$$

13. 굴절법칙으로부터 $\sin\gamma_1 = \frac{\sin\alpha}{n_1}$ 이므로



$$AC = H \cdot \tan\gamma_1 = \frac{H \sin\alpha}{\sqrt{n_1^2 - \sin^2\alpha}}$$

비슷한 방법으로 다른 파장의 빛에 대하여서는

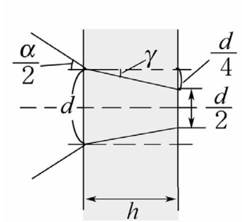
$$\mathrm{BC}=\frac{H\sin\alpha}{\sqrt{n_2^2-\sin^2\alpha}}$$

$x=\mathrm{KM}\cdot\cos\alpha=2(\mathrm{AC}-\mathrm{BC})\cos\alpha$ 로부터

$$x=2H\sin\alpha\cdot\cos\alpha\left(\frac{1}{\sqrt{n_1^2-\sin^2\alpha}}-\frac{1}{\sqrt{n_2^2-\sin^2\alpha}}\right)=$$

$$=\sqrt{3}H\left(\frac{1}{\sqrt{4n_1^2-1}}-\frac{1}{\sqrt{4n_2^2-1}}\right)$$

14. $\tan\gamma=\dfrac{d/4}{h}\ \rightarrow\ h=\dfrac{d}{4}\cdot\dfrac{\cos\gamma}{\sin\gamma}=\dfrac{d}{4}\cdot\dfrac{\sqrt{1-\sin^2\gamma}}{\sin\gamma}$



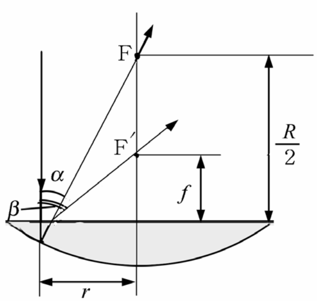
$\sin\gamma=\dfrac{\sin\alpha/2}{n}$ 이므로

$$h=\frac{d}{4}\cdot\frac{\sqrt{n^2-\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}{\sin\frac{\alpha}{2}}$$

15. q_1 가 멎었을 때 q_2 와 q_1 사이의 거리는 거울의 반경과 같다. 그것은 구면거울의 공식과 조건 $a=b$ 로부터 $b=r$ 를 얻기때문이다.
물체의 운동에네르기는 점점 작아지면서 점전하 q_1, q_2 의 호상작용에네르기로 넘어가므로

$$\frac{mv^2}{2}=k\cdot\frac{q_1\cdot q_2}{r}\ \rightarrow\ q_2=2\times10^{-6}\,\mathrm{C}$$

16. 오목거울에 물이 없으면 수직으로 입사하는 빛선들은 거울의 중심으로부터 $R/2$인 점 F에 모인다.
물을 넣으면 F′점에 모인다고 하자.
그림으로부터

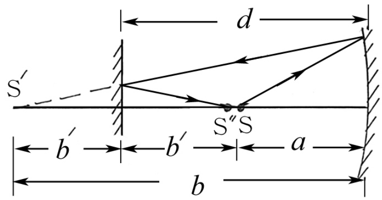


$$\tan\alpha=\frac{r}{R/2},\quad \tan\beta=\frac{r}{f}$$

α, β 가 작으므로 $\tan\alpha\approx\sin\alpha$,
$\tan\beta\approx\sin\beta$ 임을 고려하여 굴절법칙

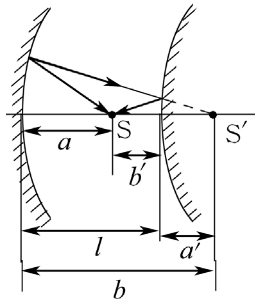
을 쓰면 $\dfrac{\sin\beta}{\sin\alpha}=\dfrac{R}{2f}$, $n=\dfrac{R}{2f}$

따라서 $f=\dfrac{R}{2n}=\dfrac{60}{2\times 4/3}=2.25\text{cm}$



17. 우의 그림과 같이 광원의 자리에 영상이 맺힌다.

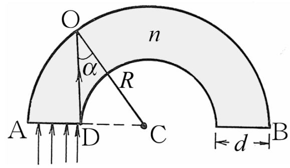
18. 두 거울에 의한 영상점은 볼록거울로부터 $b'=10\text{cm}$앞 즉 광원과 겹친다.(가운데그림)



19. ㄱ) 30　ㄴ) 10　ㄷ) 40
ㄹ) ×　ㅁ) 50　ㅂ) ×

20. ㄹ

21. 면 A에 수직으로 들어온 평행빛의 전부가 B에서 빠져나가자면 A에 들어오는 모든 빛선들이 유리막대기속에서 전반사되여야 한다. 면 A에 들어온 평행빛선들이 막대기의 걸면에 입사할 때 굽은 면에서 입사각이 제일 작은 빛선은 DO이다. 그러므로 빛선 DO만 전반사되면 다른 모든 빛선들은 다 전반사된다.



전반사조건에 의하여

$$\sin\alpha=\frac{1}{n} \qquad (1)$$

한편 △ODC에서

$$\sin\alpha=\frac{R-d}{R}=1-\frac{d}{R} \qquad (2)$$

식 1, 2로부터

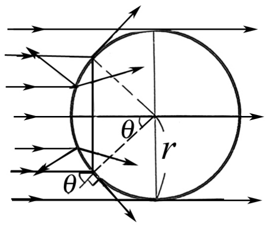
$$1-\frac{d}{R}=\frac{1}{n}\ \rightarrow\ \frac{d}{R}=1-\frac{1}{n}=\frac{n-1}{n}=\frac{1.5-1}{1.5}=\frac{1}{3}$$

$$\therefore\ \frac{R}{d}\geq 3$$

이 식이 성립할 때 입사빛선의 전부가 B로 나온다.

22. 공기방울의 걸면에 입사하는 평행빛묶음은 r를 반경으로 하는 구의 자름면적 πr^2에 입사하는 빛이다. 전반사의 림계각을 θ라고

할 때 θ보다 큰 각으로 입사하는 빛선들은 모두 전반사한다. 입사하는 빛중에서 전반사하지 않는 빛의 량은 $r\sin\theta$를 반경으로 하는 원의 면적 $\pi(r\sin\theta)^2$에 입사하는 빛이다. 전반사하는 빛의 량은 나머지 면적



$\pi r^2 - \pi(r\sin\theta)^2$에 입사하는 빛이다. 전반사하는 빛의 비률을 구하면

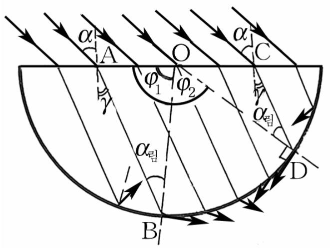
$$N = \frac{\pi r^2 - \pi(r\sin\theta)^2}{\pi r^2} \times 100 = (1 - \sin^2\theta) \times 100 = \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) \times 100 =$$

$$= \frac{n^2 - 1}{n^2} \times 100 = \frac{1.5^2 - 1}{1.5^2} \times 100 \approx 55.6(\%)$$

23. 반원통의 웃면에서 굴절각 γ를 구하자. 굴절법칙에 의하여

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n \ \rightarrow\ \sin\gamma = \frac{\sin\alpha}{n} = \frac{\sin 45°}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \ \rightarrow\ \gamma = 30°$$

반원통에 들어온 빛은 원통면에서 각이한 각으로 전반사 또는 굴절한다. 원통면안에서 전반사의 림계각 $\alpha_{림}$을 구하면



$$\sin\alpha_{림} = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \ \rightarrow\ \alpha_{림} = 45°$$

반원통안에서 원통면 BD부분에 입사하는 빛선들은 입사각이 림계각보다 작아서 굴절되여 나온다.

△OAB에서

$$\varphi_1 = 180° - \alpha_{림} - (90° - \gamma) = 90° - \alpha_{림} + \gamma = 90° - 45° + 30° = 75°$$

△OCD에서

$$\varphi_2 = \alpha_{림} + (90° + \gamma) = 45° + (90° + 30°) = 165°$$

빛선이 나오는 부분은 $75° \le \varphi \le 165°$

24. 면 BC에서 굴절법칙 $\dfrac{\sin 45°}{\sin\gamma} = n_{유} \ \rightarrow\ \sin\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{2}\cdot n_{유}}$

면 AC에 입사하는 빛의 입사각 α는

$$\alpha = 90^\circ - 45^\circ - \gamma = 45^\circ - \gamma$$

면 AC에서 전반사가 일어나자면 굴절각이 90°가 되여야 하므로 굴절법칙으로부터

$$\frac{\sin(45^\circ - \gamma)}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{액}}{n_{유}}$$

그런데 $\sin(45^\circ - \gamma) = \frac{1}{\sqrt{2}}\cos\gamma - \frac{1}{\sqrt{2}}\sin\gamma$， $\cos\gamma = \sqrt{1-\sin^2\gamma}$

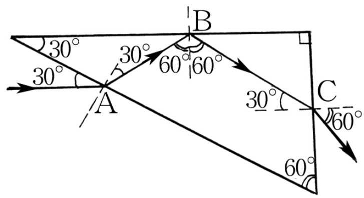
$$\therefore \frac{\sqrt{2n_{유}^2 - 1}}{2n_{유}} = \frac{n_{액}}{n_{유}} \rightarrow n_{유} \geq 2.7$$

25. ㄱ) $\alpha = \arcsin\sqrt{n^2 - 1}$

ㄴ) $n > \sqrt{2}$

26. 유리구를 이와 굴절률이 꼭같은 액체속에 잠근다. 그러면 구와 액체사이의 경계는 보이지 않으나 기포는 그안에서 일어나는 전반사때문에 명확히 볼수 있다. 우와 아래에서 평행빛선을 구에 비쳐 그릇바닥에 생기는 그림자를 재면 알수 있다.

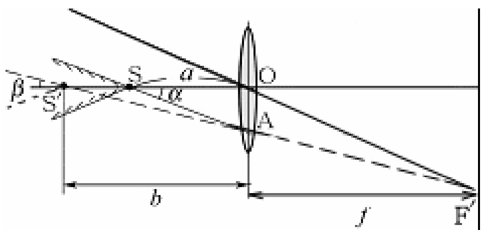
27. 빛선이 나가는 길을 그리면 웃그림과 같다.



28. R_2=10cm, f=−40cm, $h' = 5.72$cm

29. 원뿔의 겉면을 따라 나가는 빛선과 겉면에 평행이면서 렌즈의 중심을 지난 빛선은 렌즈의 초점면에서 사귄다.(부초점 F′)

$\therefore\ b < 0$



△SOA, △OS′A에서

$b\tan\beta = a\tan\alpha$와 렌즈의 공식 $\frac{1}{a} + \frac{1}{-b} = \frac{1}{f}$ 로부터 정각이

$$2\beta = 2\arctan\left[\left(1 - \frac{a}{f}\right)\tan\alpha\right]$$

인 원뿔로 바라보게 된다.

30. d=2cm

31. 물체, -30cm, 60cm, 처음자리, 뒤, 30cm, 멀어

32. 평면거울이 없을 때 렌즈에 의하여 생기는 영상까지의 거리

$$b = \frac{af}{a-f} = \frac{30\times 20}{30-20} = 60(\text{cm})$$

평면거울 뒤의 S′로 모이던 빛은 평면거울에서 반사되여 S′의 대칭점 S″에 영상을 맺는다. 그러나 렌즈가 있으므로 S″로 모이던 빛선들이 렌즈에서 굴절되여 S‴에 실영상을 맺는다. 이때 S″는 렌즈에 대하여 광원으로 되므로 $a' = -60\text{cm}$ 이고 따라서 렌즈로부터 S‴까지의 거리 b'는

$$b' = \frac{a'f}{a'-f} = \frac{(-60)\times 20}{-60-20} = 15(\text{cm})$$

다음으로 물체 S의 자리에 영상이 생기게 하자면 처음 렌즈를 지난 빛이 거울에 수직으로 입사하도록 하면 된다. 즉 렌즈의 공식 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ 에서 $b = \infty$로 하면 된다.

$$\therefore\ a = f = 20\text{cm}$$

그러므로 ○렌즈 15cm앞에 실영상이 생긴다.
○물체를 초점에 놓으면 그 자리에 영상이 생긴다.

33. 렌즈의 웃절반부분에 의하여 생기는 영상 S_1까지의 거리 b는

$$b = \frac{af}{a-f} = \frac{30\times 20}{30-20} = 60(\text{cm})$$

렌즈의 아래 절반부분에서는 S_1점으로 모이던 빛이 도금한 부분에서 반사되여 S_1의 대칭점인 S_1'점으로 가다가 렌즈에서 굴절되여 S_2에 실영상을 만든다. 이때 S_1'는 렌즈에 대하여 물체로 된다.

$$\therefore\ a' = -60\text{cm} \ \rightarrow\ b' = \frac{a'f}{a'-f} = \frac{(-60)\times 20}{-60-20} = 15\text{cm}$$

34. 0.33km/h

35. 처음 물체와 비춤판사이 거리를 l, 렌즈로부터 물체까지의 거리를 a라고 하면

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{l-a}=\frac{1}{f} \ \rightarrow \ f\,l=a(l-a)$$

$$n_1=\frac{b}{a}=\frac{l-a}{a} \ \rightarrow \ a=\frac{l}{n_1+1}$$

$$\therefore \ l=\frac{(n_1+1)^2}{n_1}\cdot f$$

비춤판을 d만큼 뒤로 옮길 때

$$l+d=\frac{(n_2+1)^2}{n_2}\cdot f$$

웃식들로부터 $d=\frac{(n_2+1)^2}{n_2}\cdot f-\frac{(n_1+1)^2}{n_1}\cdot f$

$$\therefore \ f=\frac{n_1\cdot n_2\cdot d}{n_1(n_2+1)^2-n_2(n_1+1)^2}$$

36. 한 렌즈에 의한 다른 렌즈의 영상이 허영상으로 되자면 렌즈사이거리가 초점거리보다 작아야 한다. 그런데 조건으로부터 $f<l_0$ 이므로 용수철은 압축되여야 한다. 그래야 $l\le f$ 가 만족된다. 그러자면 한 렌즈의 속도 v_0의 방향은 다른 렌즈쪽으로 향해야 한다. 두 렌즈의 속도의 크기와 방향이 같을 때 용수철은 최대로 압축된다. 이때 두 렌즈의 속도를 v라고 하고 운동량보존법칙과 에네르기보존법칙을 쓰면 $mv_0=2mv$

$$\frac{mv_0^2}{2}=2\cdot\frac{mv^2}{2}+\frac{k(l_0-l)^2}{2}$$

$l\le f$ 임을 고려하면 $v_0\ge(l_0-f)\cdot\sqrt{\frac{2k}{m}}\approx 1.1\text{m/s}$

즉 $v_0\ge 1.1\text{m/s}$일 때 허영상이 보인다.

37. 충돌한 후에 구의 속도를 v_1, 렌즈의 속도를 v_2이라고 하자. 렌즈에 의한 구의 허영상은 구와 렌즈사이의 거리가 초점거리보다 작을 때 생긴다. 허영상이 생기는 시간구간은 두 구간이다.

하나는 구가 렌즈를 향하여 충돌할 때까지 운동한 시간 $t_1=f/v_0$ 구간이고 다른 하나는 충돌한 다음부터 구가 렌즈의 반대방향으로

운동하여 그들사이의 거리가 f로 될 때까지 운동한 시간 $t_2 = f/v_1 + v_2$ 구간이다.

충돌한 후 구와 렌즈의 속도 v_1, v_2을 구하기 위해 에네르기보존법칙, 운동량보존법칙을 쓴다.

$$\begin{cases} \dfrac{mv_0^2}{2} = \dfrac{mv_1^2}{2} + \dfrac{Mv_2^2}{2} \\ mv_0 = -mv_1 + Mv_2 \end{cases}$$

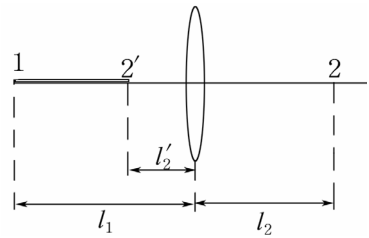
변형하면

$$\begin{cases} m(v_0^2 - v_1^2) = Mv_2^2 \\ m(v_0 + v_1) = Mv_2 \end{cases} \rightarrow v_1 + v_2 = v_0$$

$$\therefore\ t = t_1 + t_2 = \frac{f}{v_0} + \frac{f}{v_1 + v_2} = \frac{f}{v_0} + \frac{f}{v_0} = 0.04(\mathrm{s})$$

38. 두번째 벌레를 광원으로 보았을 때 렌즈의 공식은

$$\frac{1}{l_2 - vt} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f}$$



조건으로부터 렌즈로부터 첫번째 벌레까지의 거리 $a_1 = l_1 - vt$ 가 렌즈로부터 두번째 벌레의 영상사이의 거리 b_2과 같아야 하므로 웃식은

$$\frac{1}{l_2 - vt} + \frac{1}{l_1 - vt} = \frac{1}{f}$$

으로 쓸수 있다.

t에 대하여 정리하면

$$v^2t^2 - (l_1 + l_2 - 2f)vt + l_1l_2 - (l_1 + l_2)f = 0$$

웃식을 풀면 $t_{1,2} = \dfrac{(l_1 + l_2 - 2f) \pm \sqrt{(l_1 - l_2)^2 + 4f^2}}{2v}$

수값을 넣으면 t_1=9s, t_2=3.5s를 얻는다.

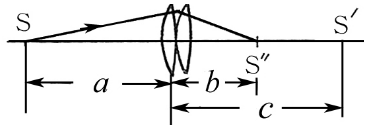
그림에서 보는바와 같이 벌레 1은 l_1=20cm와 $l_2' = \dfrac{l_2 f}{l_2 - f} = 7.5(\mathrm{cm})$ 사이의 구간에서 벌레 2의 영상과 만나게 된다. 그러므로 벌레 1이

이 구간을 지나가는데 걸리는 최대시간은 $t=\dfrac{l_1-l_2'}{v}=6.3(\mathrm{s})$ 이다.

즉 시간은 6.3s보다 클수 없으므로 t_1=9s는 버린다.

∴ 약 3.5s이다.

39. 렌즈가 대단히 얇아서 두 렌즈의 자리는 거의 일치되여있다고 하자. 초점거리가 f_1인 첫째 렌즈에 의한 영상 S′까지의 거리를 c라고 하면



$$\frac{1}{a}+\frac{1}{c}=\frac{1}{f_1} \qquad (1)$$

S′는 초점거리가 f_2인 둘째 렌즈에 대한 물체로 된다.

둘째 렌즈에 대한 이 물체의 영상을 S″라고 하고 그 곳까지의 거리를 b라고 하면

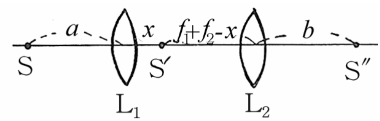
$$\frac{1}{-c}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f_2} \qquad (2)$$

식 1, 2로부터

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{\dfrac{f_1f_2}{f_1+f_2}}$$

$$\therefore\ f=\frac{f_1f_2}{f_1+f_2}$$

40. 첫 렌즈에 의한 영상이 L_1 로부터 x만 한 거리에 생겼다면



$$\frac{1}{a}+\frac{1}{x}=\frac{1}{f_1}\ \rightarrow\ x=\frac{af_1}{a-f_1}$$

렌즈 L_2 에서

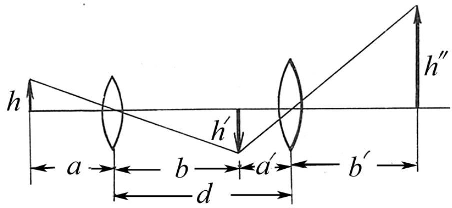
$$\frac{1}{f_1+f_2-x}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f_2}\ \rightarrow\ b=\frac{(f_1+f_2-x)\cdot f_2}{f_1-x}$$

$$\therefore\ b=\frac{f_2\left(f_1f_2+f_1^2-f_2a\right)}{f_1^2}$$

L_2 의 오른쪽에 실영상을 얻자면 $b>0$ 이여야 하므로

$$f_1 \cdot f_2 + f_1^2 - f_2 a > 0 \;\rightarrow\; f_1 d - f_2 a > 0$$

$$\therefore\; a < \frac{f_1}{f_2} d$$



41. $b' = \dfrac{Naa'}{b} = 2a'$ 이므로

$d = b + a' = 24 + 12 = 36(\mathrm{cm})$

42. ㄱ) $b = \dfrac{af_1}{a - f_1} = \dfrac{100 \times 20}{100 - 20} = 25(\mathrm{cm}) > 0$이므로 거꾸로 선 실영상이다.

거꾸로 선 영상을 바로 잡자면 두번째 렌즈는 볼록렌즈여야 한다.

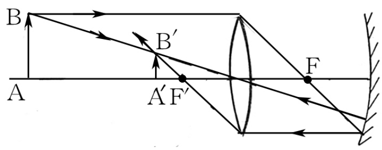
ㄴ) $\dfrac{1}{d-b} + \dfrac{1}{\ell - d} = \dfrac{1}{f_2} \;\rightarrow\; d^2 - (\ell + b)d - [b\ell + f_2(\ell - b)] = 0$

$$d^2 - 95d - 2\,200 = 0$$

$$\therefore\; d_1 = 55\mathrm{cm} \;\text{ 혹은 }\; d_2 = 40\mathrm{cm}$$

43. 점 B에서 빛축에 평행으로 나온 빛선이 렌즈에서 굴절된 다음 초점 F를 지나 구면거울에서 반사되여 다시 빛축에 평행으로 나오다가 렌즈에서 굴절되여 초점 F′를 지나는 빛선을 그린다.

B에서 나와 렌즈의 중심(구면거울의 구면중심)에 입사하는 빛선은 방향을 바꾸지 않고 곧추 가다가 거울에서 반사되여 다시 되돌아나온다. 두 빛선의 사귐점을 찾아 영상 A′B′를 그린다.



44. 이 사람의 잘보임거리는 D=18.2cm

45. 안경으로부터 25cm앞에 있는 물체(a=25cm)의 허영상을 자기의 잘보임거리(b=−40cm)에 만드는 안경 즉

$$A = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.67\mathrm{m}} = 1.5\mathrm{D}$$

인 원시안경을 써야 한다.

46. 초점거리가 20cm인 오목렌즈인 근시안경을 껴야 한다.

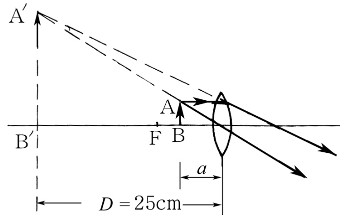
47. 근(원)시인 사람은 눈으로부터 $D(D>0)$거리 앞에 있는 물체의 영상이 $d(d>0)$인 거리에 생기도록 하는 안경을 끼면 정상인 눈과 같은 효과를 준다.

$$\therefore \ \frac{1}{D}-\frac{1}{d}=\frac{1}{f} \ \rightarrow \ A=\frac{1}{f}=\frac{d-D}{Dd}$$

근시일 때 $d<D$이므로 $f<0$이다. ∴ 오목렌즈

원시일 때 $d>D$이므로 $f>0$이다. ∴ 볼록렌즈

48. 그리면 그림과 같다.



$$a=\frac{D+f}{Df}$$

배률은

$$N=\frac{D}{f}+1$$

49. 약 12.13cm

50. ㄷ

51. 72배로 확대된 허영상이다.

52. $a_2=\frac{f_1D}{N(a_1-f_1)}=\frac{1\times25}{500(1.02-1.00)}=2.5\text{cm}$

$$\therefore \ f_2=\frac{a_2b_2}{a_2+b_2}=\frac{a_2(-D)}{a_2-D}=\frac{2.5\times(-25)}{2.5-25}\approx2.78(\text{cm})$$

53. 물체까지의 거리가 클수록 영상은 대물렌즈가까이 생긴다. 따라서 이때 대안렌즈를 대물렌즈가까운쪽으로 이동시켜야 한다. 결국 경통의 길이는 짧아진다.

가까운 물체를 볼 때에는 이와 반대로 된다. 그러므로 가까운 물체를 볼 때 경통의 길이가 더 길다.

54. 40.2cm

55. $N=\frac{f_1}{f_2} \ \rightarrow \ f_2=\frac{f_1}{N}=\frac{100}{25}=4(\text{cm})$

끝없이 먼 곳의 별을 볼 때 경통의 길이가 최소로 된다.

이때 $b_1=f_1=100\text{cm}$이므로 경통의 최소길이는

$$L_{최소}=b_1+f_2=100+4=104(\text{cm})$$

10m앞의 물체를 볼 때 경통의 길이가 최대로 된다. 이때

$$b_1^{/}=\frac{a_1^{/}f}{a_1^{/}-f_1}=\frac{10\times1}{10-1}\approx1.11(\text{m})=111(\text{cm})$$

따라서 경통의 최대길이는

$$L_{최대}=b_1^{/}+f_2=111+4=115(\text{cm})$$

56. ㄱ) 렌즈에서 물체까지의 거리가 가까와지면 영상까지의 거리는 멀어진다. 별을 보다가 전등을 보면 전등의 영상은 대물렌즈에서 더 멀리 생긴다. 따라서 대안렌즈를 관측자쪽으로 움직여야 한다.

ㄴ) 별의 영상까지의 거리는 $a_1 = \infty$, $f_1 = 0$이므로

$$b_1 = \frac{a_1 f_1}{a_1 - f_1} = \frac{f_1}{1 - \frac{f_1}{a_1}} = 100\text{cm}$$

전등의 영상은 이보다 15cm 더 멀리 생기므로

$$b_2 = b_1 + \Delta l = 100 + 15 = 115(\text{cm})$$

따라서 전등까지의 거리는

$$a_2 = \frac{b_2 f_1}{b_2 - f_1} = \frac{115 \times 100}{115 - 100} \approx 7.67(\text{m})$$

57. $E_1 = E_2 \rightarrow \frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} + \frac{I_3}{r_3^2}$

$$\therefore \ I_1 = \left(\frac{I_2}{r_2^2} + \frac{I_3}{r_3^2}\right) r_1^2 = \left(\frac{16}{2^2} + \frac{18}{3^2}\right) \times 0.5^2 = 1.5\text{cd}$$

58. S, I 는 일정하고 $\cos\alpha = 1$ $\alpha = 0$이므로

$$E_1 = \frac{I}{r_1^2} \rightarrow \Phi_1 = E_1 S , \qquad E_2 = \frac{I}{r_2^2} \rightarrow \Phi_2 = E_2 S$$

$$\text{흡수률}: \eta = \frac{\Delta\Phi}{\Phi_1} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Phi_1} = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = 12.1(\%)$$

59. $I_2 = \frac{I_1 \cdot r_2^2}{r_1^2} \cdot \frac{\cos\alpha_2}{\cos\alpha_1} = \frac{I_1 \cdot (d_2^2 + h_2^2)^{3/2}}{(d_1^2 + h_1^2)^{3/2}} \cdot \frac{h_1}{h_2} \approx 16\text{cd}$

60. $r = \frac{a(m - \sqrt{mn})}{m - n}$

61. $\frac{E_2}{E_1} = 1 + \frac{h^3}{\sqrt{[h^2 + (2l)^2]^3}} = 1 + \frac{2^3}{\sqrt{(2^2 + (2 \times 0.75)^2)^3}} \approx 1.51(\text{배})$

제 2 장

1. 4/3 mm
2. 두개의 실틈에서 나오는 빛이 가림판의 중심에 올 때 광학적경로차는 0이다. 한쪽 광원이 퍼지는 길에 유리판을 놓으면 광학적경로차가 생긴다.

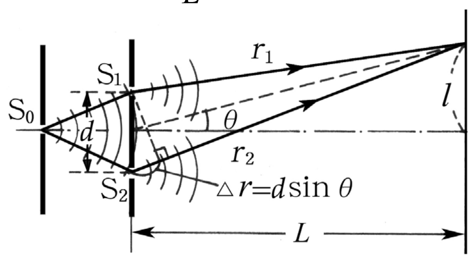
$$\Delta r = nd - d = d(n-1)$$

이때 중심극대가 k=1인 자리로 옮겨갔으므로 $\Delta r = d(n-1) = \lambda$

$$d = \frac{\lambda}{n-1} = \frac{6\times10^{-7}}{1.5-1} = 1.2\times10^{-6}(\mathrm{m})$$

3. ㄱ) 에돌이, 간섭

ㄴ) $d \ll L$ 이므로 $\sin\theta = \tan\theta = \frac{l}{L}$ 이다. $\lambda = 600\mathrm{nm}$



4. 유리원통속에 공기대신 염소증기를 넣을 때 광학적경로차는 $(n'-n)S$이며 간섭무늬가 N개 이동할 때 광학적경로차는 $N\lambda$이다. 염소증기의 굴절률은 1.000 865이다.
5. 동판을 가열하면 동판의 겉면이 산화환원되여 산화동의 얇은 막이 생긴다. 이 산화동의 얇은 막의 웃면과 아래면에서 빛이 간섭하여 간섭무늬를 이룬다.
6. ㄴ, 막의 두께는 밑으로 가면서 두꺼워지므로 막의 앞면과 뒤면에서 반사되는 빛들이 간섭하여 간섭띠들이 생긴다. 입사시킨 빛의 파장이 짧을수록 띠들사이간격은 보다 작아진다.
7. d＜100nm
8. 공기층의 우, 아래면에서 반사되는 두 빛의 광학적경로차

$$\Delta r = 2nd - \frac{\lambda}{2} \rightarrow \quad \Delta r = 2d - \frac{\lambda}{2}$$

두께가 d인 곳에 k차 극대무늬가 생겼다면 $2d_k - \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

$(k+1)$차 극대무늬가 생겼다면 $2d_{k+1} - \frac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda$

두 린접한 극대무늬가 생기는 막의 두께차 $\Delta d = d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda}{2}$

$\alpha \ll 1$이므로 $\tan\alpha \approx \alpha = \frac{\Delta d}{\Delta \ell} = \frac{\lambda}{2 \cdot \Delta \ell} = \frac{5.9 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-3}} = 2.95 \times 10^{-4}(\text{rad})$

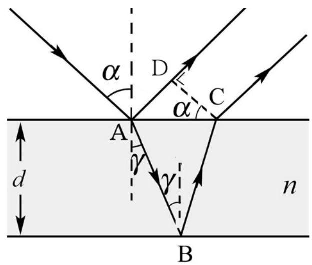
9. 두 유리판사이의 각이 $\alpha \ll 1$이므로

$$\tan\alpha \approx \alpha = \frac{\Delta d}{\Delta \ell} = \frac{\lambda / 2n}{\Delta \ell} = \frac{\lambda}{2n \cdot \Delta \ell}$$

공기일 때 $\alpha = 0.5 \times 10^{-3}\text{rad}$

물일 때 $\Delta l = 0.39\text{mm}$

10. 광학적경로차는 반파장손실을 고려하면



$$\Delta r = 2n \cdot \text{AB} - \text{AD} - \frac{\lambda}{2}$$

이다. 이때

$$\text{AB} = \frac{d}{\cos\gamma} = \frac{d}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2\alpha}{n^2}}}$$

$$\text{AD} = \text{AC}\sin\alpha = 2\text{AB}\sin\gamma \cdot \sin\alpha = \frac{2d\sin\gamma}{\sqrt{1-\sin^2\gamma}} \sin\alpha = \frac{2d\sin^2\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$$ 임을

리용하여 밝혀보아라.

11. $\Delta r = 0$이면 첫번째 밝은 무늬가 생기고 $\Delta r = \lambda / 2$인 때는 어두운 무늬가 나타난다. 간섭무늬가 생기려면 $\Delta r \geq \frac{\lambda}{2}$여야 한다.

$$\therefore \quad d \geq \frac{\lambda}{2\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}} \approx 208.9\text{nm}$$

12. 두 빛의 광학적경로차 $\Delta r = 2nd - \frac{\lambda}{2}$

서로 간섭하여 극소를 이루는 빛들의 파장을 λ_1, λ_2이라고 하면

극소조건에 의해 $2nd - \frac{\lambda_1}{2} = (2k-1)\cdot\frac{\lambda_1}{2}$

$$\therefore\ 2nd = k\lambda_1 \ \to\ \lambda_1 = \frac{2nd}{k}$$

다른 파장의 빛에 대해서는 마찬가지로

$$2nd = (k+1)\lambda_2 \ \to\ \lambda_2 = \frac{2nd}{k+1}$$

두 빛의 파장차 $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{2nd}{k} - \frac{2nd}{k+1} = \frac{2nd}{k(k+1)}$

주어진 파장에 대하여 막의 두께가 커지면 k가 커지므로 판이 두꺼울수록 파장차는 작아진다.

13. 렌즈의 굴절률 $n' > n$이다. 그러므로 빛이 막의 웃면과 밑면에서 반사될 때 반파장손실을 두번 입으므로 자리각이 2π만큼 변한다.

$$\therefore\ \Delta r = 2nd$$

렌즈를 잘 통과하는 빛은 막의 웃, 아래면에서 반사되는 빛이 극소를 이루는 빛이다.

$$\therefore\ 2nd = (2k-1)\cdot\frac{\lambda}{2}$$

막의 두께가 최소이므로 $k=1$

그러므로 $2nd = \frac{\lambda}{2}$ → $\lambda = 4nd = 4\times1.3\times145 = 754(\text{nm})$

그러므로 파장이 754nm인 빛을 잘 통과시킨다.

14. $n_1 < n < n_2$이므로 빛은 성긴 매질 → 밴 매질→ 더 밴 매질로 입사한다. 우의 문제와 마찬가지로 반파장손실을 두번 입으므로

$$\Delta r = 2nd$$

반사를 더 잘 일으키려면 극대가 되여야 하므로

$$2nd = k\lambda \ \to\ d = \frac{k\lambda}{2n}$$

최소막의 두께는 $k=1$인 때이다.

$$\therefore\ d_{\text{최소}} = \frac{\lambda}{2n}$$

15. $\triangle r_1=\sqrt{\left(k_3+\frac{1}{2}\right)\lambda R}-\sqrt{\left(k_2+\frac{1}{2}\right)\lambda R}=\sqrt{\lambda R}(\sqrt{2.5}-\sqrt{1.5})$=1mm

마찬가지로 $\triangle r_2=\sqrt{\lambda R}(\sqrt{20.5}-\sqrt{19.5})$

$$\triangle r_2=\frac{\sqrt{20.5}-\sqrt{19.5}}{\sqrt{2.5}-\sqrt{1.5}}\times 1\text{mm}=0.313\text{mm}$$

16. 극소조건 $2nd-\frac{\lambda}{2}=(2k-1)\frac{\lambda}{2}\ \rightarrow\ 2nd=k\lambda$

$$\text{한편}\ \ r^2=2Rd\rightarrow d=\frac{r^2}{2R}\qquad (d^2:\text{무시})$$

$$\therefore\ 2n\cdot\frac{r^2}{2R}=k\lambda\ \rightarrow\ n=\frac{k\lambda R}{r^2}=\frac{3\times 5.89\times 10^{-7}\times 10}{(3.65\times 10^{-3})^2}\approx 1.33$$

17. ㄹ

18. 눈을 쪼프리면 아래우의 속눈섭이 겹치여 마치 에돌이살창과 같은 작용을 한다. 그러므로 눈섭사이를 빛이 통과하면서 에돌이한다. 사람은 이 에돌이한 빛을 보는데 마치 사방으로 빛이 퍼져나가는것처럼 보게 되며 이 빛들이 간섭하여 무지개색으로 나타난다. 그러나 속눈섭이 겹치지 않도록 눈을 크게 뜨면 이런 현상은 생기지 않는다.

19. 비단천을 짠 실들사이의 짜임새구멍(씨실과 날실사이의 구멍)이 대체로 직4각형모양으로 되여있고 크기가 매우 작다. 그러므로 이 구멍을 지나는 빛은 에돌이무늬를 가로방향과 세로방향으로 다 만든다. 짜임새구멍과 눈을 련결하는 방향이 밝은 무늬를 만드는가 아닌가에 따라 짜임새구멍이 밝게 보이거나 어둡게 보인다. 따라서 밝은 자리와 어두운 자리가 십자모양으로 줄지어선 에돌이무늬가 나타난다.

20. 렌즈와 유리판사이의 물질이 공기라면

$$\pi r_{k+1}{}^2-\pi r_k{}^2=\pi\lambda R=\text{일정}$$

만일 렌즈와 유리판사이물질의 굴절률이 n이라면

$$\pi R_{k+1}{}^2-\pi R_k{}^2=\frac{\pi\lambda R}{n}=\text{일정}$$

21. 두 렌즈사이의 공기막에서 반사되는 빛들이 간섭하여 간섭무늬를 이룬다.

문제의 그림에서 $r^2 = R_1{}^2 - (R_1 - d_1)^2 = R_2{}^2 - (R_2 - d_2)^2$

$$r^2 = 2R_1 d_1 - d_1{}^2 = 2R_2 d_2 - d_2{}^2$$

그런데 $d << R_1$, $d_2 << R_2$ 이므로 $d_1{}^2 \approx 0$, $d_2{}^2 \approx 0$

$$\therefore\ 2d_1 = \frac{r^2}{R_1},\ \ 2d_2 = \frac{r^2}{R_2}$$

그러므로 광학적경로차 $2(d_1 + d_2) - \dfrac{\lambda}{2} = r^2\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right) - \dfrac{\lambda}{2}$

k차 극소고리가 생기려면 $r^2\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right) - \dfrac{\lambda}{2} = (2k-1)\cdot\dfrac{\lambda}{2}$

$$r^2 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} = k\lambda \ \ \rightarrow\ \ r^2 = \frac{k\lambda R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

22. 반사방지막의 최소두께는 $d = \dfrac{\lambda}{4n} = \dfrac{\lambda'}{4}$ 이다.

$\lambda' = \dfrac{\lambda}{n}$ 은 막을 이루는 물질속에서의 빛의 파장이다.

사람의 눈은 풀색빛을 제일 세게 느끼며 작은 에네르기라도 더 밝게 느낀다.

보통 반사방지막은 사람의 눈에 감도가 제일 큰 풀색빛의 반사세기가 극소로 되게끔 정한다.

따라서 풀색빛보다 파장이 짧은 남색빛이나 보라색빛은 반사방지막에서 반사될수 있다.

그러므로 반사방지막은 보라색으로 보인다.

23. ㄱ, ㄴ, ㅅ

24. 길이, 너비방향으로 다 간섭무늬가 생기는데 길이방향으로 생기는 간섭무늬간격이 더 좁다.

25. $\lambda = \dfrac{d\sin\varphi}{k} = \dfrac{2\times 10^{-6}}{2} \times \sin 36^\circ 5' = 5.89 \times 10^{-7}(\mathrm{m})$

26. $\sin\theta_1 = 0.321 \ \rightarrow\ \theta_1 = 18^\circ\ 46'$

$\sin\theta_2 = 0.642 \ \rightarrow\ \theta_2 = 40^\circ$

$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = 40^\circ - 18^\circ\ 46' = 21^\circ\ 14'$

27. k의 최대값은 $\sin\varphi = 1$ 인 때이므로 $k_{최대} = \dfrac{d}{\lambda} = \dfrac{2\times 10^{-6}}{5.89\cdot 10^{-7}} = 3.4$

k는 옹근수가 되여야 하므로 $k_{최대}=3$

28. 주극대가 생기는 방향 $\sin\varphi_{붉}=\dfrac{k\lambda_{붉}}{d}$

붉은색빛의 $k=2$차 극대가 파장 λ인 빛의 $(k+n)$차 극대와 겹친다면

$$\sin\varphi_{극대}=\frac{(k+n)\cdot\lambda}{d}$$

$$\therefore\quad \frac{(k+n)\lambda}{d}=\frac{k\lambda_{붉}}{d}\quad\to\quad \lambda=\frac{k}{k+n}\cdot\lambda_{붉}$$

$n=1$일 때: $\lambda=\dfrac{2}{3}\lambda_{붉}=440\text{nm}$ → 남색빛 : 보인다.

$n=2$일 때: $\lambda=\dfrac{2}{4}\lambda_{붉}=330\text{nm}$ → 자외선 : 보이지 않는다.

∴ 파장이 440nm인 남색빛의 3차극대와 겹친다.

29. 겹치는 두 빛의 주극대들의 차수를 k_1, k_2이라고 하면

$$d\sin\varphi=k_1\lambda_1$$

$$d\sin\varphi=k_2\lambda_2$$

$$\therefore\quad \frac{k_2}{k_1}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{656.3}{410.2}\approx1.6$$

k_1, k_2은 옹근수이므로 $k_1=5$, $k_2=8$이다.

$$d=\frac{k_1\lambda_1}{\sin\varphi}=\frac{5\times6.563\times10^{-7}}{\sin41^\circ}=5\cdot10^{-6}(\text{m})=5\mu\text{m}$$

30. 브류스터각의 정리에 의하여

$$\tan\alpha=n_{12}\ (상대굴절률)$$

한편 입사각 $\alpha=\dfrac{\varphi}{2}$이므로 $\tan\dfrac{\varphi}{2}=\dfrac{n_2}{n_1}$

$$n_1=\frac{n_2}{\tan\varphi/2}=\frac{1.5}{\tan 48.5^\circ}=\frac{1.5}{1.13}\approx1.33$$

31. 평행평판의 앞면에서 굴절법칙을 쓰면

$$\frac{\sin\alpha_{브}}{\sin\gamma}=n \tag{1}$$

브류스터각의 정의로부터

$$\tan\alpha_{브}=n \tag{2}$$

$$\sin\gamma = \cos\alpha_{브} = \sin(90-\alpha_{브}) \rightarrow \alpha_{브} + \gamma = \frac{\pi}{2} \qquad (3)$$

평행평판의 밑면에서 굴절법칙을 쓰고 식 1을 고려하면

$$\frac{\sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{1}{n} = \frac{\sin\gamma}{\sin\alpha_{브}} \qquad (4)$$

$$\therefore\ \alpha = \alpha_{브}$$

32. 간섭현상을 일으키자면 중첩되는 두 빛파동의 진동수가 같아야 하고 중첩되는 곳에서 두 빛파동의 자리각차가 일정하며 동시에 진동방향이 같아야 한다. 그런데 문제의 조건에서 중첩되는 서로 수직인 두 쏠림빛은 진동수가 같고 자리각차도 일정하지만 진동방향이 서로 수직이다. 그러므로 간섭현상이 나타나지 않는다.

33. 쏠림빛, 밝기, 평행, 밝기, 반사빛선, 굴절빛선, 쏠림빛, 평행

34. 2번, 4번, 0번

35. 반사빛이 완전쏠림빛일 때 $\tan\alpha_{브} = n$이므로

$$\alpha_{브} = \arctan n = \arctan 1.25 = 51.3^\circ$$

$$\therefore\ \beta = \alpha_{브} = 51.3^\circ$$

한편 반사빛선과 굴절빛선은 수직이므로

$$\gamma = 180^\circ - 90^\circ - \beta = 90^\circ - 51.3^\circ = 38.7^\circ$$

36. 물질의 굴절률은 파장이 짧을수록 더 크다.

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}, \qquad \lambda_{보} < \lambda_{붉} \rightarrow n_{보} > n_{붉}$$

프리즘을 지나는 빛의 편각

$$\delta_{보} = (n_{보}-1)\varphi, \quad \delta_{붉} = (n_{붉}-1)\varphi$$

$$\therefore\ \delta_{보} > \delta_{붉}$$

즉 보라색빛이 더 세게 굴절된다. 그러므로 보라색줄과 붉은색줄이 한줄로 련결되지 못하고 보라색줄이 붉은색줄보다 밑에 보인다.

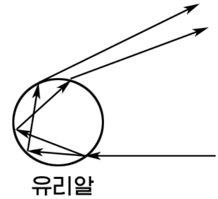
37. ㄱ) ③

ㄴ) 왼쪽: 보라색, 오른쪽: 붉은색

38. 볼록렌즈의 량쪽곡면의 곡률반경과 크기가 같은 곡률반경을 가지는 량오목렌즈를 볼록렌즈와 겹치여놓으면 된다. 그것은 오목렌즈에서는 붉은색빛의 허초점이 보라색빛의 허초점보다 렌즈에서 더 멀리 앞에 보이기때문이다.

39. ㄱ) 광원과 반대쪽 가림판면에 구멍을 중심으로 하는 동심원모양의 무지개가 생긴다.

ㄴ)옆의 그림과 같다.



40. 얕은 물이나 깊은 물에서 빛이 흩어지게 하는 산란립자의 밀도(단위체적당 산란립자수)는 같다. 그러나 얕은 물의 깊이는 작으므로 산란립자수가 적기때문에 산란되는 빛의 세기가 약하여 맑게 보인다.

한편 깊은 물에서는 빛이 지날 때 산란립자수가 많아서 산란되는 빛의 세기가 세지므로 푸르게 보인다.

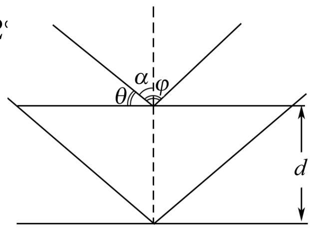
41. ㄱ) ⑤ ㄴ) ⑥ ㄷ) ② ㄹ) ⑦ ㅁ) ③ ㅂ) ⑩ ㅅ) ⑪

42. 두 살창면에서 반사되는 렌트겐선의 경로차는 $2d\sin\theta$

$$\theta = 90° - \frac{\varphi}{2} = 90° - \frac{31°\ 46'}{2} = 74°\ 07' = 74.12°$$

극대조건 $2d\sin\theta = k\lambda$ 로부터

$$d = \frac{k\lambda}{2\sin\theta} = \frac{1\times 0.154}{2\times 0.96} = 0.08(\mathrm{nm})$$



43. ㄱ) 라우에는 두가지 가정을 하였다.

렌트겐선이 파동이라면 에돌이무늬가 나타날것이라는것과 보통 에돌이살창으로 에돌이무늬가 생기지 않는것은 살창상수가 크기때문이므로 렌트겐선의 에돌이무늬를 얻으려면 결정에서 원자사이거리가 살창상수정도여야 한다는 가정을 하였다.

ㄴ) 렌트겐선이 ZnS결정을 지날 때 원자들에 의하여 에돌이한다. 에돌이한 렌트겐선들이 간섭하여 극대와 극소가 생기므로 에돌이무늬가 생긴다.

44. ㄱ) 렌트겐선에 의하여 공기분자에서 전자가 떨어져나오기때문이다.

ㄴ) $N = \frac{\Delta q}{e} = \frac{C(U_1 - U_2)}{e} = \frac{10^{-10}(10-5.2)}{1.6\cdot 10^{-19}} = \frac{4.8\times 10^{-10}}{1.6\cdot 10^{-19}} = 3\times 10^9$ 개

45. ㄱ) 일부, 흡수되여

ㄴ) 적외선

ㄷ) 긴, 많아서

46. ㄱ) 어두운 붉은색, 누런색, 분홍색, 연분홍색

ㄴ) 련속스펙트르

ㄷ) 적외선, 보임빛보다 파장이 더 길다.
ㄹ) 선스펙트르(발광스펙트르)
ㅁ) 그렇지 않다.

47. ① 보이지 않 ② 형광 ③ 감광시킨다. ④ 센
⑤ 거꿀비례 ⑥ 짧고 ⑦ 간섭 ⑧ 일으
⑨ 전자기파 ⑩ 대음극 ⑪ 속도 ⑫ 짧 ⑬ 에네르기

48. 물우의 기름은 얇은 막을 이루므로 기름막에서 반사되는 빛들이 간섭하여 간섭무늬를 형성한다. 흰빛은 여러가지의 색빛들의 모임이므로 빛의 파장에 따라 극대가 생기는 막의 두께가 다르다. 그러므로 무지개색갈의 무늬가 생긴다. 한편 물이 흐르면 기름막도 물과 함께 흐르므로 막의 두께가 계속 변화된다. 따라서 간섭무늬의 모양은 계속 변한다.

49. 보통유리(창문유리)는 적외선과 보임빛은 적게 흡수하지만 자외선은 거의다 흡수한다. 그러나 석영유리는 자외선을 적게 흡수한다. 그러므로 자외선등은 석영유리로 만들며 그 두께를 얇게 한다.

50. 적외선은 보임빛보다 파장이 더 길므로 대기속에서 산란이 적게 일어난다. 그러므로 대기속에서 약화되지 않고 멀리까지 전파된다. 특히 안개속이나 구름속에서도 잘 흡수되지 않고 멀리까지 전파될수 있다. 그러므로 적외선을 리용하여 먼 곳의 물체를 사진찍으면 보통사진보다 더 똑똑한 모습을 얻을수 있다. 특히 흐린 날이나 안개낀 날에도, 밤에도 사진을 찍을수 있다.

51. 자외선은 눈에 해로운 작용을 한다. 여름날 태양빛이나 바다가의 모래, 바다물면에서 반사되는 빛에는 자외선이 많이 포함되여있다. 색안경은 자외선을 흡수하므로 색안경을 끼면 눈에 들어오는 자외선을 감소시켜주므로 눈을 보호하는데 매우 좋다.

제 3 장

1. x자리표: 90m
   y자리표: 120m
2. 기차안의 관측자가 볼 때 구를 아래로 떨구었고 땅에 멎어있는 관측자가 볼 때 구를 수평으로 던진것으로 된다. 그러나 두 관측자에 대하여 구는 드림선방향으로 자유락하운동을 하므로 가속도와 운동법칙이 같게 표시된다. 그러므로 갈릴레이상대성원리에 모순되지 않는다. 그러나 기준계에 따라서 자리길, 자리, 속도 같은것은 다르게 관측될수 있다. 즉 이러한 량들은 상대적인 량들이다.
3. 틀리지 않는다. 오씰로그라프의 형광막에서 전자가 떨어지는 점의 이동속도는 기하학적인 점의 이동속도이지 실지 물체의 이동속도가 아니다. 이러한 점의 이동속도는 빛속도보다 더 클수 있다. 그러므로 상대성리론에는 모순되지 않는다.
4. 차칸에 고정한 자리표계에서는 빛속도불변의 원리에 의하여

$$t_1 = t_2 = \frac{l_0}{c}$$

지구에 고정한 자리표계에서는 앞벽과 뒤벽사이의 길이가 달라진다. 광원으로부터 앞벽과 뒤벽사이의 거리는

$$l = l_0\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

이때도 빛속도불변의 원리에 의하여 빛속도는 같지만 기차가 운동하므로 기차의 뒤벽은 빛을 마주 향하여가고 앞벽은 빛이 가는 방향으로 가므로 뒤벽에 빛이 먼저 닿는다.
따라서

$$\tau_1 = \frac{l}{c-v} = \frac{l_0\sqrt{1-(v/c)^2}}{c-v}, \quad \tau_2 = \frac{l}{c+v} = \frac{l_0\sqrt{1-(v/c)^2}}{c+v}$$

5. 약 1.1s
6. ㄱ) 로케트의 운동속도가 다르므로 빨리 운동하는 로케트의 시계가 제일 느리게 간다.

   ㄴ) 운동하는 물체의 길이는 운동방향으로 $\sqrt{1-\beta^2}$ 배 수축되므로 속

도가 빠를수록 더 짧게 관측된다. 그러므로 로케트의 길이는 다르게 보이며 시계의 모양도 타원으로 보인다.

7. 4.32m, 7.2m

8. 운동방향은 논판의 길이방향이며 속도는 $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

9. ㄱ) K′ 계에서는 K계에서 첫 사건이 일어난 자리까지의 거리 x_1가 수축되여 관측된다.

관측되는 자리까지의 거리 x_1'는 $x_1' = x_1\sqrt{1-\beta^2} = 40(\text{m})$

첫 사건이 관측될 때까지 걸린 시간

$$t_1' = t_1 / \sqrt{1-\beta^2} = 2.5\times10^{-7}(\text{s})$$

ㄴ) 둘째 사건이 관측될 때까지 걸린 시간

$$t_2' = t_2 / \sqrt{1-\beta^2} = 3.75\times10^{-7}(\text{s})$$

$$\Delta t = t_2' - t_1' = 1.25\times10^{8}(\text{s})$$

10. 바른4각형의 한 변의 길이 a는 운동방향으로 수축되므로

$$a' = a\sqrt{1-\beta^2} = 0.6a$$

$$\tan\alpha = \frac{a}{a'} = \frac{5}{3} \quad \rightarrow \quad \alpha = \arctan\frac{5}{3} = 59^\circ$$

$$\beta = 2\alpha = 118^\circ$$

11. 체적비는 $\frac{V'}{V} = \frac{a'}{a} = \frac{a\sqrt{1-\beta^2}}{a} = \sqrt{1-\beta^2} < 1$

체적은 수축된것으로 보인다.

12. 립자는 운동방향으로 길이의 수축이 일어나므로 운동방향으로 납작한 회전타원체로 보이게 된다. 이때 짧은 직경 $d \approx 1.49R$

13. 68.8%

14. $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

15. 5×10^{-9}s

16. ㅊ가 옳다.

17. 차안의 사람은 기차의 뒤끝에 1.24×10^{-14}s 먼저 번개가 쳤다고 본다.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{\ell}{2}\cdot\frac{2v}{c^2-v^2} = (\text{s})$$

18. ㄱ) 12.7×10^{-8}s

ㄴ) $l=vt=37.7$m

19. $v_0=v'=c$이므로 $v=\dfrac{v_0+v'}{1+v_0v'/c^2}=c \quad \rightarrow v=c$

※ 지구에 설치한 기준계를 K계 라고 하고 지구에 대하여 운동하는 기준계 K′계의 속도를 v_0, K′계에서 물체의 속도를 v'라고 하자.

이때 K계에서 보는 물체의 속도 $v=\dfrac{v_0+v'}{1+v_0v'/c^2}$

20. $-0.994\ 5c$

21. 물체가 운동할 때 질량이 보존되지 못하므로 질량보존의 법칙이 성립하지 않는다.

22. 약 1.18×10^{-31}kg

23. 첫째 방법: $v\rightarrow c$일 때 극한을 구하는 방법

$$\lim_{v\to c} m=\lim_{v\to c}\frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}=\infty$$

이것은 물체의 속도가 빛속도 c에 가까와질수는 있어도 같아질수는 없다는것을 의미한다.

둘째 방법: 질량과 속도사이관계 $m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$에서 물체의 속도가 커짐에 따라 상대론적질량 m도 증가된다.

그러므로 물체의 속도를 크게 하려면 보다 더 큰 힘을 주어야 한다.

특히 $v\approx c$일 때에는 m이 무한대로 커지므로 물체의 속도를 약간이라도 더 증가시키려면 무한대의 힘을 주어야 한다. 이것은 현실적으로 불가능하므로 물체의 속도는 빛속도에 이를수 없다.

24. 충돌하기 전 매 립자의 운동량은

$$P=mv=\frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}v$$

충돌하기 전 매 립자의 에네르기는 $E_1 = E_2 = mc^2 = \dfrac{m_0c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

합쳐진 후 립자의 전체질량을 M이라고 하면 에네르기는 두 립자의 운동량의 합은 0이므로

$$E=Mc^2$$

$E=E_1+E_2$이므로 $Mc^2=\dfrac{2m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}c^2 \rightarrow M=\dfrac{2m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

25. 립자에 설치한 기준계를 K′, 땅면에 설치한 기준계를 K라고 하자. K계에서는 K′ 계보다 시간이 지연된다.

$$t=\frac{t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \rightarrow \sqrt{1-v^2/c^2}=\frac{t'}{t}$$

한편 K계에서 관측되는 질량

$$m=\frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}=\frac{m_0}{t'/t}=\frac{t}{t'}m_0=\frac{7\times10^{-8}}{2\times10^{-8}}\times207m_e=724.5m_e$$

26. 상대성리론에서 질량의 의미는 뉴톤력학과 다르다. 상대성리론에서 질량은 물체의 에네르기크기를 특징짓는 량이다.
그러므로 상대성리론에서는 질량보존법칙, 에네르기보존법칙이 독자적으로 성립하지 않고 에네르기-질량보존의 법칙으로 결합되여 성립한다.

27. 0.025MeV

28. 두번째 방법이 옳게 푼것이다.
그것은 첫 방법은 립자의 정지에네르기를 고려하지 않았기때문이다. 문제에서 립자의 운동에네르기는 물체가 운동할 때 가지는 상대론적에네르기와 정지했을 때 가지는 정지에네르기와의 차이다. 그것은 립자가 가지는 운동에네르기는 립자가 운동할 때 더 가지는 에네르기 즉 에네르기증가량과 같기때문이다.
다시말하여 운동에네르기가 다음과 같이 표시되기때문이다.

$$W=mc^2-m_0c^2=(m-m_0)c^2=\Delta mc^2$$

29. 관측자의 속도를 v로 보면 도선의 길이는 수축된다.

$$\ell'=\ell\sqrt{1-v^2/c^2}$$

도선의 자름면적은 수축되지 않으므로 멎어있는 도선의 전기량밀도는

$$\rho = \frac{q}{S \cdot \ell}$$

운동하는 관측자에게는 $\rho' = \frac{q}{\ell' \cdot S} = \frac{q}{S \cdot \ell \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{\rho}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

$$\therefore \ \rho' > \rho$$

즉 $\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ 배로 크게 관측된다.

30. $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$

31. $\frac{2\sqrt{2}}{3}c$

32. 고려하지 않을 때 반경 $R_0 = 13.7 \times 10^{-2}\text{m}$

고려할 때 반경 $R = 22.8\text{m}$

33. 정지에네르기 $E_0 = m_0 c^2$

전에네르기 $E = mc^2 = \sqrt{E_0 + (Pc)^2}$

한편 $\frac{mv^2}{r} = evB \ \rightarrow \ P = mv = eBr$

$$\therefore \ \frac{m}{m_0} = \frac{E}{E_0} = \frac{\sqrt{E_0{}^2 + (eBrc)^2}}{E_0} = \sqrt{1 + \left(\frac{eBrc}{E_0}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{eBr}{m_0 c}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{1 + \left(\frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.02 \times 0.1}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}\right)^2} \approx 1.59$$

34. $m = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{0.88 \times 10^{11}} \approx 18.2 \times 10^{-31}(\text{kg}) = 2m_0$

$$2m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \ \rightarrow \ \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0.866$$

$$\therefore \ v = 0.866\text{c} = 0.866 \times 3 \times 10^8 = 2.6 \times 10^8 (\text{m/s})$$

35. 첫째 물체의 운동량

$$P_1 = m_1 v_1 = \frac{m_{01}}{\sqrt{1 - v_1^2 / c^2}} v_1 = \frac{m_{01} \times 0.8c}{\sqrt{1 - (0.8c / c)^2}} = \frac{4}{3} m_{01} c$$

둘째 물체의 운동량

$$P_2 = m_2 v_2 = \frac{m_{02}}{\sqrt{1 - v_2^2 / c^2}} v_2 = \frac{m_{02} \times 0.6c}{\sqrt{1 - (0.6c / c)^2}} = \frac{3}{4} m_{02} c$$

$P_1 \neq P_2$ 이므로 $\boldsymbol{P} = \boldsymbol{P}_1 + \boldsymbol{P}_2 \neq 0$

첫째 부분

$$E_1^2 = m_{01}^2 c^4 + (P_1 c)^2 = m_{01}^2 c^4 + \left(\frac{4}{3} m_{01} c\right)^2 c^2 = \frac{25}{9} m_{01}^2 c^4 \rightarrow E_1 = \frac{5}{3} m_{01} c^2$$

둘째 부분

$$E_2^2 = m_{02}^2 c^4 + (P_2 c)^2 = m_{02}^2 c^4 + \left(\frac{3}{4} m_{02} c\right)^2 c^2 = \frac{25}{16} m_{02}^2 c^4 \rightarrow E_2 = \frac{5}{4} m_{02} c^2$$

전체에네르기

$$E = E_1 + E_2 = \frac{5}{3} m_{01} c^2 + \frac{5}{4} m_{02} c^2 = \left(\frac{5}{3} m_{01} + \frac{5}{4} m_{02}\right) c^2$$

한편 $E = m_0 c^2$

두 식으로부터 $m_0 c^2 = \left(\frac{5}{3} m_{01} + \frac{5}{4} m_{02}\right) c^2$

$$m_0 = \frac{5}{3} m_{01} + \frac{5}{4} m_{02} = \frac{5}{3} \times 3 + \frac{5}{4} \times 5.33 = 11.66 (\mathrm{kg})$$

36. 물체를 덥히거나 식힐 때 엄연히 질량이 변한다. 여기서 문제는 이 질량의 변화가 측정에 걸릴만큼 큰가 작은가에 있다. 례컨대 물 1kg 을 0℃ 에서 100° C까지 가열할 때 질량변화를 보자. 이때 물의 에네르기는

$$\Delta E = Q = cm(t_2 - t_1) = 4.19 \times 10^3\ \mathrm{J/(kg \cdot {}^\circ C)} \times 1\mathrm{kg}(100 - 0)^\circ\mathrm{C} =$$
$$= 4.19 \times 10^5\ \mathrm{J}$$

만큼 커지므로 질량의 증가량은

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{4.19 \times 10^5}{(3 \times 10^8)^2} \approx 4.7 \times 10^{-12} (\mathrm{kg})$$

이것은 매우 작은 량이다. 질량의 이 작은 변화는 실제상 눈에 띄지 않으므로 에네르기변화에 동반되는 질량변화가 나타나지 않는것

처럼 느껴진다. 실질적으로 다이나마이트의 폭발에서 폭발후에 생긴 물질의 질량은 본래 질량보다 10^{-10}배만큼 작아지고 플루토니움 폭탄의 폭발에서 질량은 불과 1%정도 작아질뿐이다.

37. ㄱ) 옳다. 그것은 상대성리론이 보여주는바와 같이 물체의 에네르기가 ΔE 만큼 커지면 질량도 Δm 만큼 커지기때문이다.

ㄴ) 틀린다. 질량과 에네르기는 없어지지도 않으며 새로 생기지도 않는다. 그것들은 오직 한 형태에서 다른 형태로 넘어갈 뿐이다. 질량과 에네르기는 $E=mc^2$ 에 의하여 결정되는 비률로 동시에 존재한다.

물질과 에네르기는 그의 본성에서 서로 엄격히 구별되는바 이것은 다만 에네르기는 물질을 떠나서는 생각할수 없으며 물질이 있는 곳에만 있을수 있다는것, 따라서 운동과 에네르기는 오직 물질의 운동과 물질의 에네르기로서만 존재할수 있다는 것을 강조하여줄뿐이다.

38. K′ 계에 대한 전자의 속도를 v' 라고 하면

K계에 대한 전자의 속도 $v=\dfrac{v_0+v'}{1+v_0\cdot v'/c^2}=\dfrac{v_0+v'}{c^2+v_0v'}c^2$

v' 를 구하면

$$v'=\frac{v-v_0}{c^2-vv_0}c^2=\frac{v-v_0}{1-v\cdot v_0/c^2}=\frac{0.3c}{1-\dfrac{0.6\times0.3}{c^2}\cdot c^2}=0.37c$$

∴ K′ 계에서 전자의 운동에네르기

$$E'_K=m'c^2-m_0c^2=\left(\frac{1}{\sqrt{1-v'^2/c^2}}-1\right)m_0c^2=\left(\frac{1}{\sqrt{1-0.37^2}}-1\right)m_0c^2=$$

$$=0.076m_0c^2=0.076\times9.1\times10^{-31}\times9\times10^{16}=$$

$$=6.22\times10^{-15}(\text{J})=3.89\times10^4(\text{eV})$$

39. 양성자의 정지질량 m_0

$$E_0=m_0c^2$$

양성자의 운동에네르기 $E_K=mc^2-m_0c^2\rightarrow mc^2=E_K+m_0c^2$

$$\frac{m}{m_0}=\frac{mc^2}{m_0c^2}=\frac{E_K+m_0c^2}{E_0}=\frac{E_K}{E_0}+1=\frac{10^4}{93.83}+1\approx108$$

제 4 장

1. 0.091V

2. 빛전자가 운동에네르기를 가지고있다는것을 보여준다.

3. 푸른색빛의 진동수가 붉은색빛의 진동수보다 더 크기때문이다.

4. 0.5V

5. 5.81×10^{-6}m

6. 물질에 따라 방출일이 다르기때문이다.

7. 13.1×10^{6}m/s

8. $\frac{1}{2}mv^2 \ge h\nu - A \rightarrow eU \ge h\nu - A$

한편 $A = h\nu_1 \rightarrow eU + h\nu_1 = h\nu \rightarrow \nu = \nu_1 + \frac{eU}{h}$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{c}{\nu_1 + \frac{eU}{h}} = \frac{3\times10^8}{6\times10^{14} + \frac{1.6\times10^{-19}\times3}{6.63\times10^{-34}}} = 2.26\times10^{-7}(\text{m})$$

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu} = \frac{3\times10^8}{13.2\times10^{14}} = 2.26\times10^{-7}(\text{m})$$

9. 532nm

10. 1.64×10^{-7}m

11 $n = \frac{P\eta_1\eta_2\lambda}{hc} = \frac{125\times0.8\times0.2\times6.123\times10^{-7}}{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8} =$

$$= \frac{122.46\times10^{-7}}{19.89\times10^{-26}} = 6.16\times10^{18}(\text{s}^{-1})$$

12. 99.5nm

13. 3.06×10^{6}m/s

14. $h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{1.6\times10^{-19}\times9.9}{4.6\times10^{15} - 2.2\times10^{15}} = \frac{15.8\times10^{-19}}{2.4\times10^{15}} =$

$$= 6.6\times10^{-34}(\text{J}\cdot\text{s})$$

15. 12.06개

16. ㄱ) 3.3×10^{-19}J

ㄴ) 1.8×10^{-19}J

ㄷ) 1.32×10^{-6}m

17. 1.82×10^{-7}m

18. 1.32×10^{15}Hz

19. ㄱ) 2.21×10^{-19}J

ㄴ) 5.5×10^{-19}J

20. $S=\frac{c\cdot P}{E_0 t}=\frac{3\times10^8\times3\times10^{-11}}{1.5\times30}=2\times10^{-4}(\mathrm{m}^2)$

21. $\lambda=\frac{ch}{A+eU_0}=\frac{3\times10^8\times6.62\times10^{-34}}{8.48\times10^{-19}+1.6\times10^{-19}\times0.84}=2.02\times10^{-7}(\mathrm{m})$

22. $P=\sqrt{2m_e(E-A)}=\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}(7.84-7.7)\times10^{-19}}=$

$=1.59\times10^{-25}(\mathrm{kg\cdot m/s})$

23. ㄱ) 6×10^{13}개

ㄴ) 9.6×10^{-6}A

24. 빛전기현상, 진동수, 빛량자가정, 3×10^8m/s, 립자, 에돌이, 립자성, 파동성

25. 151V

26. 약 7nm

27. $\lambda=\frac{h}{P}=\frac{h}{mv}=\frac{h}{\sqrt{2em}}\frac{1}{\sqrt{U}}=\frac{1.23}{\sqrt{U}}(\mathrm{nm})$

$$\therefore\ \lambda=\frac{1.23}{\sqrt{500}}=5.5\times10^{-11}(\mathrm{m})$$

$$P=\frac{h}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}}{5.5\times10^{-11}}=1.2\times10^{-23}(\mathrm{kg\cdot m/s})$$

28. 6.63×10^{-33}m

파장이 대단히 작으므로 립자성이 두드러지게 나타난다. 즉 립자로 볼수 있다.

29. 공기속에 떠도는 미시립자가 아무리 미세하다할지라도 립자성만 나타내고 파동성은 나타내지 않는다. 그 원인은 다음과 같다.

드 브로이관계식 $\lambda=\frac{h}{mv}$에서 볼수 있는바와 같이 물질립자들의 파

동성은 질량이 매우 작은 미시립자들에서만 나타나며 보통 거시립자들에서는 나타나지 않는다. 질량이 10^{-9}kg정도인 먼지립자가 10^{-6}m/s의 속도로 매우 느리게 운동한다고 할 때 그에 대응하는 물질파의 파장은 겨우

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626\times10^{-34}}{10^{-9}\times10^{-6}} = 6.626\times10^{-19}\,\mathrm{m}$$

밖에 안된다. 이런 파동을 느끼자면 크기가 10^{-13}m정도인 구조물에서의 에돌이를 관찰해야 한다. 그런데 보통 물질을 구성하는 원자의 크기는 10^{-10}m정도이다. 따라서 우리가 대상하는 먼지립자는 립자로만 운동하고 파동성을 나타내지 않는다.

30. 운동량 P를 E와 U로 표시하자.

립자의 전체 력학적에네르기는

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + U = \frac{1}{2m}\left[(mv)^2 + 2mU\right]$$

$$P^2 = (mv)^2 = 2mE - 2mU = 2m(E-U)$$

$$\therefore\ P = \sqrt{2m(E-U)}$$

따라서 드 브로이파장은

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2m(E-U)}}$$

31. $\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - A \ \rightarrow\ v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}}$

$$\lambda_{전} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2(h\nu-A)}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2m(h\nu-A)}} =$$

$$= \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times\left(6.626\times10^{-34}\times1.18\times10^{15} - 2.2\times10^{-19}\right)}} =$$

$$= 0.065\times10^{-9}(\mathrm{m})$$

32. 수소원자에서 바닥상태에 있는 전자의 운동속도는 다음과 같다.

$$\frac{mv^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{e^2}{r_n^2},\quad L = mv\,r_n = n\hbar$$

$$v=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{n\hbar}$$

$n=1$ 이므로

$$\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{h\cdot 4\pi\varepsilon_0\cdot\dfrac{h}{2\pi}}{me^2}=\frac{2\varepsilon_0 h^2}{me^2}=$$

$$=\frac{2\times 8.85\times 10^{-12}\times\left(6.626\times 10^{-34}\right)^2}{9.1\times 10^{-31}\times\left(1.6\times 10^{-19}\right)^2}\approx 33\times 10^{-11}(\mathrm{m})$$

33. $P=\frac{h}{\lambda}=mv$, $\frac{1}{2}mv^2=eU$

$$m=\frac{h^2}{\lambda^2\cdot 2eU}=$$

$$=\frac{43.9569\times 10^{-68}}{4.08\times 10^{-24}\times 2\times 1.6\times 10^{-19}\times 200}=1.68\times 10^{-27}(\mathrm{kg})$$

34. $\lambda=\frac{h}{P}=\frac{h}{mv}\approx\frac{1.23}{\sqrt{U}}(\mathrm{nm})\ \to\ U\approx\frac{1.23^2\times 10^{-18}}{\lambda^2}$

$$\therefore\ U_1\approx\frac{1.51\times 10^{-18}}{10^{-20}}\approx 151(\mathrm{V})$$

$$U_2\approx\frac{1.51\times 10^{-18}}{25\times 10^{-22}}\approx 605(\mathrm{V})$$

$$\Delta E=e(U_2-U_1)=1.6\times 10^{-19}\times 454=726.4\times 10^{-19}(\mathrm{J})$$

35. 전자의 2중성을 론의하지 않는다.

수상관에서의 전자의 운동을 론의하는 문제에서 다루게 되는 물리적량들의 수값에 비하여 플랑크상수 h가 매우 작기때문에 파장이 무시되므로 전자의 립자성만을 론의하고 파동성은 론의할 필요가 없다.

36. 렌트겐선의 에네르기 $h\nu_0=\frac{hc}{\lambda_0}$가 음극선의 에네르기 $\frac{1}{2}mv^2$로 넘어간다고 보면

$$\frac{hc}{\lambda_0}=\frac{1}{2}mv^2\quad\to\quad v=\sqrt{\frac{2hc}{m\lambda_0}}$$

이때 드 브로이파장 λ는

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{m\sqrt{\frac{2hc}{m\lambda_0}}} = \sqrt{\frac{h\lambda_0}{2mc}} =$$

$$= \sqrt{\frac{6.626\times10^{-34}\times0.3\times10^{-10}}{2\times9.1\times10^{-31}\times3\times10^{8}}} = 6.03\times10^{-12}(\mathrm{m})$$

37. 물질파는 전자기파와 마찬가지로 진공속에서도 전파되므로 력학적 파동이 아니며 전기적으로 대전되지 않은 임의의 물체가 움직일 때에도 생기므로 전자기파도 아니다. 물질파는 립자와 결합된 파동이라는 점에서 소리파나 전자기파와 같은 순수한 파동과는 본질적으로 다르다. 립자로서의 전자와 그 파동적표현으로서의 물질파는 전자라는 하나의 대상을 놓고 하는 말이다. 그러므로 물질파가 따로 있고 전자가 따로 있는것이 아니다. 그리고 하나의 대상에 립자와 파동이 결합되여있다고 해서 립자의 어떤 진동이 파동으로 퍼져나가는듯 한 표상을 가져도 안된다. 결정에서 전자선의 에돌이실험을 놓고 말한다면 에돌이무늬가 생기는것은 결정을 이루는 원자들에서 각이한 방향으로 에돌아나가는 물질파가 간섭한 결과로 이루어지며 이온함이나 사진건판에 검출되는것은 립자인 전자라고 해석한다. 이처럼 물질립자의 운동과 결부된 물질파는 단순한 파동이 아니라 공간에서 물질립자가 차지하는 자리를 확률적으로 규제하는 확률파로 된다. 따라서 물질립자들이 파동성을 가졌다고 해서 립자가 직접 어떤 파동으로 전파되는것처럼 보아서는 안되며 물질립자의 운동의 결과가 파동처럼 나타난다고 리해하여야 한다.

38. $\Delta P_x \cdot \Delta x = h \;\rightarrow\; \Delta P_x = \frac{h}{\Delta x} = \frac{6.63\times10^{-34}}{10^{-10}} = 6.63\times10^{-24}(\mathrm{kg\cdot m/s})$

$$\Delta v_x = \frac{\Delta P_x}{m} = \frac{6.63\times10^{-24}}{9.1\times10^{-31}} = 7.29\times10^{6}(\mathrm{m/s})$$

$$\Delta K = \frac{1}{2}m(\Delta v_x)^2 = \frac{1}{2}m\frac{\Delta P_x^2}{m^2} = \frac{\Delta P_x^2}{2m} = \frac{44.0896\times10^{-48}}{2\times9.1\times10^{-31}} = 2.42\times10^{-17}(\mathrm{J})$$

39. $\Delta P_x \cdot \Delta x = h \;\rightarrow\; m\Delta v_x \Delta x = h$

$$\Delta v_x = \frac{h}{m\Delta x} = \frac{6.63\times10^{-34}}{0.15\times0.2} = 2.21\times10^{-32} \approx 0$$

가로방향의 속도성분이 없으며 따라서 고전립자로 볼수 있다. 즉 파동성이 나타나지 않는다는것을 알수 있다.

40. $\Delta P_x \Delta x = h \to \Delta v_x = \frac{h}{m\Delta x} = \frac{6.63\times10^{-34}}{9.1\times10^{-31}\times10^{-6}} = 720(\mathrm{m/s})$

$$x = \Delta v_x \cdot t = 720(\mathrm{m})$$

41. 전자선의 에돌이는 조건 $d\sin\theta = n\lambda$ 를 만족한다.

이 식에 $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$ 를 넣으면(여기서 $\frac{mv^2}{2} = eU$ 를 고려)

$$d\sin\theta = \frac{nh}{\sqrt{2meU}}$$

한편 $\tan\theta \approx \sin\theta = \frac{r}{L} = \frac{D}{2L}$, n=1이므로

$$d\frac{D}{2L} = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$$

$$d = \frac{2Lh}{D\sqrt{2meU}} = \frac{2\times0.1\times6.626\times10^{-34}}{4\times10^{-2}\times\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times1.6\times10^{-19}\times120}} =$$

$$= 0.56\times10^{-9}(\mathrm{m})$$

42. $6.63\times10^{-28}\mathrm{m/s}$ 즉 탄알의 운동을 고전립자의 운동으로 볼수 있다. 즉 립자성이 두드러지게 나타난다.

43. $\Delta v_x = 7.4\times10^7\,\mathrm{m/s}$, $v = 1.6\times10^{-3}\,\mathrm{m/s}$

44. 드 브로이관계식

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv} = \frac{6.626\times10^{-34}}{1\times1} = 6.626\times10^{-34}\,\mathrm{m}$$

즉 λ가 너무 작으므로 간섭현상을 관찰할수 없다.

45. $E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{P^2}{2m} \quad \to \quad P = 2mE_K$

드 브로이관계식으로부터

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2mE_K}} = \frac{6.626\times10^{-34}}{\sqrt{2\times26.56\times10^{-27}\times1.6\times10^{-19}}} = 7.2\times10^{-12}(\mathrm{m})$$

제 5 장

1. ① 원자의 구조 ② 금박판 ③ α 립자 ④ 산란
⑤ + ⑥ α 립자 ⑦ 입사 ⑧ 대다수
⑨ α ⑩ 운동방향 ⑪ 적은 ⑫ 큰 각도
⑬ 운동방향 ⑭ 편기 ⑮ 반대방향 ⑯ 산란
2. 산란물질이 두꺼우면 α 립자가 통과할 때 충돌하는 핵들이 많이 존재하므로 산란이 여러번 일어나 목적하는 결과를 얻기 힘들다. 산란물질을 얇은 막으로 하면 할수록 핵들과의 충돌회수를 줄임으로써 다중산란을 줄일수 있다.
3. 원자핵, 핵, 원자전체의 질량, 전자의 전기량, 전자
4. 액체나 고체에서는 그의 원자들이 빼곡히 들어차있다고 볼수 있다.

물질량이 M인 원소로 된 액체 또는 고체의 밀도를 ρ라고 하면 이 물질 1mol이 차지하는 체적은

$$V = M / \rho$$

이 체적을 아보가드로수로 나누어주면 한개 원자에 해당되는 체적을 구할수 있다. 즉 $V_0 = \frac{V}{N_0} = \frac{M}{\rho N_0}$ $\left(N_0 = 6.023 \times 10^{23}\,\text{mol}^{-1}\right)$

5. 원자의 크기는 몰질량과 아보가드로수에 의하여 우에서와 같이 한개 원자에 해당되는 원자체적을 구하면 쉽게 구할수 있다. 원자들이 반경 r_0인 구형태를 가지고 서로 밀집된 상태로 있다고 하면 한개 원자의 체적은 대략 $(2r_0)^3$과 같다고 볼수 있다.

$$\text{즉} \quad V_0 = d^3 = (2r_0)^3$$

$$\therefore \quad d^3 = \frac{M}{\rho N_A} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$$

이 공식으로 각이한 원소들의 원자의 크기를 결정하면 대략 10^{-10}m와 같다는것을 알수 있다.

6. 1.67×10^{-27}kg, 약 1 835배
7. 공통점: 다른 모든 원자스펙트르들은 수소원자스펙트르와 마찬가지로 선스펙트르구조를 가진다는것이다.

차이점: 다른 원자들이 수소원자보다 전자를 많이 가지고있으므로

그것들의 운동이 복잡해지며 그 반영으로 스펙트르선의 개수가 훨씬 많아지고 그의 배치가 복잡한것이다. 따라서 식 $\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$과 같은 간단한 공식으로 파장(혹은 진동수)이 계산되지 않는다.

8. ㄱ)× ㄴ)○ ㄷ)× ㄹ)×

9. 라이만계렬에서는 $\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right)$

발마계렬에서는 $\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right)$

최소파장은 모두 $n\to\infty$일 때 해당하므로

$$\lambda_{\text{라, 최소}}=1/R\ ,\quad \lambda_{\text{발, 최소}}=4/R$$

$$\text{따라서}\quad \frac{\lambda_{\text{라, 최소}}}{\lambda_{\text{발, 최소}}}=\frac{1/R}{4/R}=\frac{1}{4}$$

10. 수소원자스펙트르에서 라이만계렬과 발마계렬의 첫째 스펙트르선에 대응하는 파장들은 다음과 같다.

$$\frac{1}{\lambda_1}=R\left(\frac{1}{m_1^2}-\frac{1}{n_1^2}\right),\qquad \frac{1}{\lambda_2}=R\left(\frac{1}{m_2^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$\text{혹은}\quad \lambda_1=\frac{1}{R\left(\frac{1}{m_1^2}-\frac{1}{n_1^2}\right)},\quad \lambda_2=\frac{1}{R\left(\frac{1}{m_2^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)}$$

$$\therefore\ \Delta\lambda=\lambda_2-\lambda_1=\frac{1}{R}\left(\frac{1}{\frac{1}{m_2^2}-\frac{1}{n_2^2}}-\frac{1}{\frac{1}{m_1^2}-\frac{1}{n_1^2}}\right)=$$

$$=\frac{1}{1.097\times10^7}\left[\frac{1}{\frac{1}{4}-\frac{1}{9}}-\frac{1}{1-\frac{1}{4}}\right]\approx5.348\times10^{-7}(\text{m})$$

11. 수소원자스펙트르에서 발마계렬의 첫째 스펙트르선과 마지막 스펙트르선에 대응하는 파장들은 각각

$$\lambda_1 = \frac{1}{R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right)} = \frac{36}{5R}, \quad \lambda_2 = \frac{1}{R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{\infty^2}\right)} = \frac{4}{R}$$

따라서 두 스펙트르선의 파장의 차 즉 스펙트르너비는

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = 2.92\times10^{-7}\,\mathrm{m}$$

12. 수소원자스펙트르의 발마계렬에서 파장이 가장 긴것이 진동수가 가장 작은것이다. 따라서 $m=2$이고 $n=3$인 스펙트르선이다.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)$$

$$R = \frac{1}{\lambda\left(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2}\right)} = \frac{1}{0.656\times10^{-6}\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right)} = 1.097\times10^{7}\left(\mathrm{m}^{-1}\right)$$

13. 수소원자스펙트르에서 파쉔계렬의 식은

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2}\right) \rightarrow \lambda = \frac{1}{R_0\left(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2}\right)}$$

$$(m=3,\ n=4,\ 5, 6,\ \cdots)$$

따라서 최대파장은 $n=4$일 때이고 최소파장은 $n\to\infty$일 때이다.

즉 $$\lambda_{최대} = \frac{1}{R\left(\frac{1}{9}-\frac{1}{16}\right)} = \frac{144}{7R} = 1\,875.2(\mathrm{nm})$$

$$\lambda_{최소} = \frac{1}{R\left(\frac{1}{9}-\frac{1}{\infty}\right)} = \frac{9}{R} = 820.4(\mathrm{nm})$$

14. $\dfrac{\lambda_{발,\ 최대}}{\lambda_{라,\ 최대}} = 5.4$

15. ㄷ, ㄹ

16. ㄹ, ㅁ

17. ① 전자 ② 에네르기 ③ 정상상태 ④ 빛 ⑤ 복사 ⑥ 빛복사 ⑦ 전자 ⑧ 정상상태 ⑨ 낮은 ⑩ 정상상태 ⑪ 이행 ⑫ 복사 ⑬ $h\nu=E_n-E_m$

18. ㄱ

19. ㄷ

20. 보아는 뉴톤력학으로 원자내부의 전자의 운동을 설명하는데서 부닥치는 난관을 극복하기 위하여 전자가 가속운동을 함에도 불구하고 전자기파를 복사하지 않는 정상상태들이 있으며 이 정상상태들사이에서 전자가 이행할 때 빛의 복사, 흡수가 일어난다는 가정하에서 원자구조리론(수소원자구조)을 제기하였다.

이 리론은 수소원자 및 수소형이온들의 스펙트르법칙성을 잘 설명한다. 특히 원자내부에서는 미시세계의 뉴톤물리학이 그대로 적용될수 없으며 량자법칙이 기본으로 된다는것을 밝혀주고있다.

그러나 이 리론은 스펙트르선의 세기, 수소를 제외한 다른 중성원자들의 스펙트르의 법칙성에 대하여서는 아무런 해답을 주지 못한다. 그 원인은 이 리론이 전자가 핵둘레로 회전운동을 한다는 뉴톤물리학의 바탕에 량자조건을 기계적으로 적용한것으로서 량자조건 그 자체가 정당하다고 볼수 있는 아무런 근거가 없다는 사정과 관련된다. 따라서 보아의 원자구조리론은 철저한 뉴톤리론도, 량자리론도 아니다.

결국 이 리론은 뉴톤리론으로부터 새로운 량자리론에로 넘어가는 중간상태의 리론이다.

21. $\frac{mv^2}{r}=\frac{KZe^2}{r^2} \rightarrow r=\frac{KZe^2}{mv^2}=\frac{KZe^2}{mn^2h^2/m^2r^2}=\frac{KmZe^2r^2}{n^2h^2}$

$$\therefore\ r=\frac{n^2h^2}{KmZe^2}=\frac{r_0n^2}{Z}$$

따라서 반경은 $1/Z$로 줄어든다.

22. $E_n=-\frac{chR}{n^2}=-\frac{3\times10^8\times6.63\times10^{-34}\times1.097\times10^7}{1.6\times10^{-19}n^2}=-\frac{13.6}{n^2}(\mathrm{eV})$

23. 에네르기보존법칙에 의하여

$$\frac{1}{2}mv^2=E_1-E$$

$$\therefore\ v=\sqrt{\frac{2(E_1-E)}{m}}=\sqrt{\frac{2(1.5-13.6)\times1.6\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}}=7\times10^5(\mathrm{m/s})$$

24. $mr_1\omega^2=k\cdot\frac{e^2}{r_1^2} \rightarrow \omega=\frac{e\sqrt{k}}{\sqrt{mr_1^3}}$

ㄱ) 전자의 회전수는

$$n=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{e\sqrt{k}}{2\pi\sqrt{mr_1^3}}=$$

$$=\frac{1.6\times10^{-19}\cdot\sqrt{9\times10^{9}}}{2\times3.14\sqrt{9.1\times10^{-31}\cdot(0.53\times10^{-10})^{3}}}\approx0.5\times10^{16}(\mathrm{s}^{-1})$$

ㄴ) 전류의 세기는

$$I=ne=0.5\times10^{16}\times1.6\times10^{-19}=8\times10^{-4}(\mathrm{A})$$

25. 6.15×10^{14}Hz, 4.9×10^{-7}m

26. 4.1×10^{-19}J

27. $E_2-E_1=\frac{m_eK^2e^4}{2(h/2\pi)^2}\left(1-\frac{1}{4}\right)=$

$$=\frac{9.1\times10^{-31}\times(9\times10^{9})^2\times(1.6\times10^{-19})^4}{2(6.63\times10^{-34}/2\times3.14)^2}\left(\frac{3}{4}\right)=$$

$$=16.25\times10^{-19}(\mathrm{J})$$

이 에네르기에 대응하는 빛의 진동수는

$$\nu=\frac{E_2-E_1}{h}=\frac{16.25\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}}=2.45\times10^{15}(\mathrm{Hz})$$

28. $\Delta E=\frac{m_eK^2e^4}{2\hbar^2}\left(1-\frac{1}{n^2}\right)=h\nu\rightarrow n^2=\frac{1}{1-\frac{h^3\nu}{2\pi^2m_eK^2e^4}}=4$

$$r=r_0n^2=0.53\times10^{-10}\times4=0.212(\mathrm{nm})$$

29. 492nm, 풀색이다.

30. ① 전자 ② 핵 ③ 끌롱힘 ④ 원운동 ⑤ m_ev^2/r

⑥ Ke^2/r ⑦ 량자가정 ⑧ m_evr ⑨ $n\hbar/r$

⑩ $\frac{\hbar^2}{Km_ee^2}n^2$ ⑪ 1 ⑫ $\frac{\hbar^2}{Km_ee^2}$ ⑬ 보아의 량자가정

31. $\frac{1}{\lambda}=R\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right)\rightarrow n=\frac{1}{\sqrt{1-1/\lambda R}}=$

$$=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1}{0.972\ 5\times10^{-7}\times1.097\times10^{7}}}}=4$$

$L = mvr = n\hbar = \dfrac{nh}{2\pi}$ 이므로

$$\Delta L = \frac{h}{2\pi}(n-1) = \frac{6.63\times10^{-34}}{2\times3.14}(4-1) \approx 3.16\times10^{-34}(\mathrm{J\cdot s})$$

32. ㄱ) $\dfrac{h}{mv}$, ㄴ) $2\pi r = n\cdot\dfrac{h}{mv}$, ㄷ) $\dfrac{mv^2}{r} = \dfrac{Ke^2}{r^2}$, ㄹ) $\dfrac{n^2h^2}{4\pi^2mke^2}$,

ㅁ) $\dfrac{2\pi^2mk^2e^4}{n^2h^2}$

33. ㄴ

34. ㄴ

35. ㄱ

36. ㄱ

37. ㅁ

38. 정상상태, 불련속성

39. ㄹ

40.

전자구름	각운동량의 사영성분
자기량자수	불련속스펙트르
자리길량자수	전자층
수소원자	확률분포
주량자수	전자분층

41. ㄷ

42. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$

43. ㄱ) 124kV, ㄴ) 0.012 4nm

44. $U_{최대}$=30.93kV, $U_{최소}$=0.123 7kV

45. 2.09×10^7m/s

46. 0.1nm

47.

라자포드모형	전자배치
프랑크- 헤르쯔실험	제동복사
파울리원리	α립자산란
특성X선	정상상태
보아의 가정	에네르기준위의 불련속성

48. 문제의 그림에서 보는바와 같이 특성렌트겐선스펙트르는 여러 선들을 가지는데 이 선들은 규칙적으로 배렬되면서 몇개 계렬을 이루고 있다. 파장이 짧은쪽으로부터 긴쪽으로 가면서 계렬들의 이름을 K계렬, L계렬, M계렬 등으로 부르며 같은 계렬의 선들에 대해서는 파장이 짧은쪽으로부터 긴쪽으로 가면서 α, β, γ 로 붙여 례컨대 K_α, K_β선 등으로 구별한다. 여기서 L층에 있던 전자가 K층로 이행하면서 내보내는 선이 K_α 선, M, N층의 전자들이 K층으로 이행하면서 내보내는 선이 K_β 선, K_γ 선이다. 그림에서 굵게 표시한 선일수록 밝다. 원소들이 가벼워지면 긴 파장쪽의 스펙트르계렬(M, L계렬)들이 나타나지 않을수 있다.

49. 내부전자층에 생긴 빈 자리가 바깥층의 전자로 메꾸어질 때에 생긴 여분의 에네르기가 특성렌트겐선을 내보내는 동시에 보다 밖에 놓인 전자층의 전자에 전달되며 그것을 전자층에서 떼여낼수 있기때문이다. 이 두 과정의 발생은 동반된다.

제 6 장

1. ㄱ) 동위핵: Z는 같으면서 A는 다른 핵

례: ${}^{1}_{1}H$, ${}^{2}_{1}H$ ${}^{3}_{1}H$(수소핵, 중수소핵, 초중수소핵)

${}^{16}_{8}O$, ${}^{17}_{8}O$, ${}^{18}_{8}O$

${}^{12}_{6}C$, ${}^{13}_{6}C$ 등

ㄴ) 동중핵: Z는 다르나 A가 같은 핵

례: ${}^{40}_{18}Ar$, ${}^{40}_{20}Ca$, ${}^{54}_{24}Cr$, ${}^{54}_{26}Fe$

${}^{96}_{40}Zr$, ${}^{96}_{42}Mo$, ${}^{96}_{44}Ru$, ${}^{17}_{8}O$, ${}^{17}_{7}F$ 등

2. 양성자와 중성자의 수가 각각 다르다.

즉 ${}^{96}_{40}Zr$: $Z=40$, $N=56$

${}^{96}_{42}Mo$: $Z=42$, $N=54$

${}^{96}_{44}Ru$: $Z=44$, $N=52$

3. ① 결합에네르기 ② 핵자수 ③ 다른 ④ 안정 ⑤ 핵 ⑥ 핵자 ⑦ 결합 ⑧ 한개 ⑨ 결합에네르기 ⑩ 핵자 ⑪ 에네르기 ⑫ 비결합에네르기

4. ㄹ

5. ㄱ

6. ㄷ

7. 방사선방출이 외부영향을 받는 원자의 전자층의 변화에 의해서가 아니라 그 영향을 전혀 받지 않는 핵내부에서의 변화과정이라는데 있다.

8. ① 자기마당 ② 통과 ③ α ④ β ⑤ γ ⑥ α ⑦ 약하 ⑧ He ⑨ β ⑩ 자기마당 ⑪ 세 ⑫ 전자 ⑬ 기울어지지 ⑭ X ⑮ 파장 ⑯ 전자기파

9. 공통점: 다같이 전자기파이며 물질의 투과작용, 이온화작용, 사진작용을 한다.
차이점: γ선의 파장이 렌트겐선에 비해 대단히 작다.

10. 2.862×10^{-28}kg

11. $E=\dfrac{KZ_1Z_2e^2}{r}=\dfrac{9\times10^9\times2\times4\times(1.6\times10^{-19})^2}{10^{-14}}=1.15\text{MeV}$

12. $E=\dfrac{Ke^2}{r}=\dfrac{(9\times10^9)(1.6\times10^{-19})^2}{10^{-14}}=2.3\times10^{-14}(\text{J})=0.14(\text{MeV})$

13. ① 원자핵 ② He핵 ③ 원자핵 ④ α붕괴 ⑤ α붕괴 ⑥ 4 ⑦ 전하수 ⑧ 원자핵 ⑨ 전자 ⑩ 원자핵 ⑪ 붕괴 ⑫ 전하수 ⑬ 커 ⑭ 질량수 ⑮ 동중핵 ⑯ 불안정한 핵 ⑰ γ량자 ⑱ γ붕괴 ⑲ 전하수

14. $\dfrac{N_1}{N_0}=\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t_1/T}=1/2^{10/20}=1/\sqrt{2}=0.707=70.7\%$

$\dfrac{N_2}{N_0}=\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t_2/T}=1/200^{100/20}=1/2^5=0.031\ 2=3.12\%$

15. $\dfrac{N_0}{3}=N_0\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t_1/T}\ \rightarrow\ T=\dfrac{t_1\lg2}{\lg3}=\dfrac{8\times0.301}{0.477\ 1}\approx5(\text{h})$

$\dfrac{N_0}{n}=N_0\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t_2/T}\ \rightarrow\ \dfrac{1}{n}=\left(\dfrac{1}{2}\right)^{t_2/T}\ \rightarrow\ n=2^{48/5}=2^{9.5}\approx776$

16. 처음의 방사성물질의 량을 m_0, t만 한 시간이 지난 다음 남은 량을 m이라고 하면 방사성붕괴법칙으로부터

$$m = m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{t/T} = \left(\frac{1}{2}\right)^{400/1600} = \left(\frac{1}{2}\right)^{1/4} = 1/\sqrt[4]{2} = 0.84(\mathrm{g})$$

17. α붕괴에서는 질량수가 4만큼씩 변하고 β붕괴에서는 질량수의 변화가 없으므로 ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$의 질량수와 마지막 연의 동위원소의 질량수의 차이는 4의 옹근수배가 되여야 한다. 따라서 α붕괴회수를 x라고 하면

$$238-206=32=4x$$

$$238-207=31=4x$$

$$238-208=30=4x$$

여기서 4의 옹근수배로 되는것은 첫 경우이다. 따라서 x=8이며 α붕괴회수는 8회이다.

다음으로 β붕괴에서는 원자번호가 1만큼씩 커지고 α붕괴에서는 2만큼씩 작아지므로 β붕괴수를 y라고 하면

$$92-2x+y=92-2\times 8+y=82$$

따라서 y=6 즉 β붕괴회수는 6이다.

18. ${}^{56}_{26}\mathrm{Fe} + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{56}_{25}\mathrm{Mn} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$

${}^{56}_{25}\mathrm{Mn} \rightarrow {}^{56}_{26}\mathrm{Fe} + {}^{0}_{-1}\mathrm{H}$

19. ① 물질 ② 방사능 ③ 약해지 ④ 금속제품 ⑤ 결함 ⑥ 두께
⑦ 밀도 ⑧ 높이 ⑨ 방사선 ⑩ 쪼이 ⑪ 갑작 ⑫ 새품종
⑬ 성장속도 ⑭ 수확고 ⑮ 방사선 ⑯ 세포 ⑰ 파괴 ⑱ 종처 ⑲ 암

20. $$N_1/N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t_1}{T}},\quad N_2/N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t_1+1}{T}}$$

$$\therefore\ N_1/N_2 = \left(\frac{1}{2}\right)^{-\frac{1}{T}}$$

여기에 주어진 값을 넣으면 $288/72=\left(\frac{1}{2}\right)^{-\frac{1}{T}}=2^2=2^{1/T}$

$$\therefore T=1/2(\mathrm{h})=30\mathrm{min}$$

21. $$m_{\mathrm{U}} = m_{\mathrm{U}_0}\left(\frac{1}{2}\right)^{t/T},\quad \frac{t}{T}=1$$

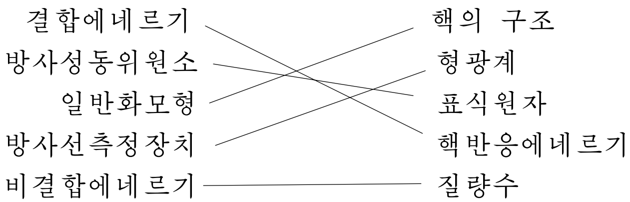
$$m_{\mathrm{U}} = \frac{m_{\mathrm{U}_0}}{2}$$

$$m_{\mathrm{Pb}} = m_{\mathrm{U}_0} - \frac{m_{\mathrm{U}_0}}{2} = \frac{m_{\mathrm{U}_0}}{2}$$

$$m_{\mathrm{U}} : m_{\mathrm{Pb}} = 1:1$$

22. 반감기가 T=8.1d이므로 이 기간에 남아있는 요드의 량은 처음의 1/2이다. 마찬가지로 16.2d 지났을 때는 $2T$이므로 (1/2)(1/2)=1/4이 남는다.

23.



24. ① 화학반응에 의해서는 한 원자를 다른 원자로 변화시킬수 없지만 핵반응에 의해서는 핵변환을 일으킴으로써 한 원자를 다른 원자로 변화시킬수 있다.

② 화학반응은 반응에네르기가 수 eV 정도이지만 핵반응은 핵자들간의 핵력작용과 관련되여있으므로 반응에네르기가 수 MeV 나 된다.

③ 화학반응은 많은 수(아보가드로수)의 원자, 분자들을 평형상태에서 취급하지만 핵반응은 개개의 립자들이 일으킨 개개의 반응과정들을 분석하는 방법으로 연구한다.

25. ① γ선 ② 질량수 ③ ^{28}Al ④ 방사성붕괴 ⑤ 원자번호(대전수) ⑥ 인공방사성핵 ⑦ 질량 ⑧ 6∼9min

26. $^{238}_{92}\mathrm{U} + ^{1}_{0}n \to ^{239}_{92}\mathrm{U} + \gamma$

$^{239}_{92}\mathrm{U} \to ^{239}_{93}\mathrm{Np} + ^{0}_{-1}e$

$^{239}_{92}\mathrm{Np} \to ^{239}_{94}\mathrm{Pu} + ^{0}_{-1}e$

27. 핵반응에서는 질량수와 전하수가 보존된다. 그러므로

ㄱ) $^{1}_{0}n$, ㄴ) $^{1}_{1}\mathrm{H}$, ㄷ) $^{0}_{-1}e$, ㄹ) $^{0}_{+1}e$

28. $^{3}_{1}\mathrm{H} + ^{2}_{1}\mathrm{H} \to ^{4}_{2}\mathrm{He} + ^{1}_{0}n + Q$ (Q=17.6MeV)

α립자($^{4}_{2}$He)가 형성되고 $^{1}_{0}n$(중성자)를 얻었다.

여기서 Q 는 핵반응에네르기로서 $Q>0$ 이면 방출, $Q<0$ 이면 흡수되는 에네르기이다.

이때 질량수, 전하수, 에네르기보존법칙이 성립한다.

29. 핵반응식을 쓰면 ${}^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\to{}^{1}_{1}\mathrm{H}+{}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ $\to$ ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}={}^{17}_{8}\mathrm{O}$

30. 핵반응식을 쓰면 ${}^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{1}_{0}n\to{}^{4}_{2}\mathrm{He}+{}^{A}_{Z}\mathrm{X}\to{}^{A}_{Z}\mathrm{X}={}^{11}_{5}\mathrm{B}$

31. 핵반응식을 쓰면 ${}^{27}_{13}\mathrm{Al}+{}^{1}_{0}n\to{}^{4}_{2}\mathrm{He}+{}^{A}_{Z}\mathrm{X}$

$${}^{A}_{Z}\mathrm{X}={}^{24}_{11}\mathrm{Na}$$

32. γ 량자가 복사된다.

따라서 ${}^{27}_{13}\mathrm{Al}+{}^{1}_{0}n\to{}^{28}_{13}\mathrm{Al}^{*}\to{}^{28}_{13}\mathrm{Al}+\gamma$

33. ① 느린 ② 우라니움 ${}^{235}_{92}\mathrm{U}$ ③ 우라니움핵 ④ 두 ⑤ 2∼3 ⑥ 중성자 ⑦ 에네르기 ⑧ 무거운 ⑨ 질량수 ⑩ 두 ⑪ 핵 ⑫ 핵분렬

34. ① 동위 ② 중성자 ③ 탄소동위 ④ β ⑤ ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$ ⑥ ${}^{1}_{0}n$
⑦ ${}^{1}_{1}\mathrm{H}$ ⑧ ${}^{0}_{-1}e$ ⑨ ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$

35. ① ${}^{6}_{3}\mathrm{Li}$ ② 3 ③ 전자 ④ 3 ⑤ 양성자 ⑥ 3 ⑦ ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$
⑧ β ⑨ 1/8

36. 질량결손은

$$\Delta m=(m_{\mathrm{Li}}+m_{\mathrm{H}})-2M_{\mathrm{He}}$$

그런데 1u 의 질량결손에 대응하는 에네르기는 1.49×10^{-10}J 이고 반응에서 두개의 ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ 가 방출되므로 비결합에네르기는

$$f=\frac{\Delta E}{2}=1.49\times10^{-10}\,\frac{\Delta m}{2}=$$

$$=1.49\times10^{-10}\,\frac{(7.016+1.00783-8.0052)}{2}=1.38\times10^{-12}(\mathrm{J})$$

$$f=\frac{1}{2}m_{\mathrm{He}}v^{2}$$

여기서 $m_{\mathrm{He}}=4.0026\times1.66\times10^{-27}\,\mathrm{kg}$ 이므로

$$v=\sqrt{\frac{2f}{m_{\mathrm{He}}}}=\sqrt{\frac{2\times1.38\times10^{-12}}{4.0026\times1.66\times10^{-27}}}\approx2.038\times10^{7}(\mathrm{m/s})$$

37. $7.9\times10^{-13}\mathrm{J}=4.9\mathrm{MeV}$

38. ㄱ) ${}_{3}^{7}\mathrm{L}+{}_{1}^{1}\mathrm{H}\to{}_{2}^{4}\mathrm{He}+{}_{2}^{4}\mathrm{He}$

ㄴ) 16.9MeV

ㄷ) 0.9+16.9=2×8.9

즉 에네르기보존법칙이 성립한다.

39. ① 에네르기 ② 핵분렬반응 ③ 원자탄 ④ 핵반응식 ⑤ ${}_{0}^{1}n$

⑥ $3{}_{0}^{1}n$ ⑦ ${}_{0}^{1}n$ ⑧ $2{}_{0}^{1}n$ ⑨ 200

40. 이 문제는 1s동안에 분렬되는 핵분렬물질의 량을 알고 원자력발전소의 출력을 구하는 문제이다. 하루동안에 소비하는 핵분렬물질의 량을 구하여보면 매우 적은 량의 연료를 소비하는것이 원자력발전소의 우점의 하나라는것을 알수 있다.

1s동안 분렬되는 핵의 개수는 핵연료의 몰질량이 M일 때

$$N=N_{\mathrm{A}}\cdot\frac{m_0}{M}=\frac{6.023\times10^{23}\times2\times10^{-7}}{235\times10^{-3}}=5.126\times10^{17}$$

1s동안에 나오는 에네르기

$$E=E_0N=200\times10^{6}\times5.126\times10^{17}=$$
$$=10.25\times10^{25}(\mathrm{eV})=1.64\times10^{7}(\mathrm{J})$$

발전소의 출력

$$P=\frac{E}{t_0}\cdot\eta=\frac{1.64\times10^{7}\times0.2}{1}=3.28\times10^{6}(\mathrm{W})=3.28(\mathrm{MW})$$

하루동안 소비하는 우라니움의 량

$$m=m_0\,t=2\times10^{-7}\times8.64\times10^{4}=$$
$$=17.28\times10^{-3}(\mathrm{kg})=17.28(\mathrm{g})$$

41. 1년간 원자력발전소에서 붕괴되는 ${}_{92}^{235}\mathrm{U}$ 핵의 개수를 n, 1년간 얻는 에네르기를 Q라고 하면

$$n = \frac{Q}{q_0}$$

이며 한편 $$Q = \frac{Pt}{\eta_1}$$

이다. 1년간 소요되는 핵연료의 질량 m_1는 핵연료의 몰질량이 M 일 때

$$m_1 = \frac{M}{N_A} \cdot n = \frac{MPt}{N_A, \eta_1, q_0} =$$

$$= \frac{235\times10^{-3}\times5\times10^{8}\times3.15\times10^{7}}{6.023\times10^{23}\times0.2\times3.2\times10^{-11}} \approx 960.3(\text{kg})$$

같은 출력을 내는 화력발전소의 년간 석탄소요량은

$$m_2 = \frac{Pt}{\eta_2 q} = \frac{5\times10^{8}\times3.15\times10^{7}}{0.35\times3\times10^{7}} \approx 15\times10^{8}(\text{kg})$$

42. 1g의 $^{235}_{92}U$ 속에 있는 핵이 모두 분렬될 때는

$$Q_0 = \frac{N_A}{M} \cdot q_0 = \frac{6.023\times10^{23}\times3.2\times10^{-11}}{235} = 8.2\times10^{7}(\text{kJ/g})$$

의 에네르기가 나오므로 200g의 연료가 원자가마에서 연소될 때에 나오는 열량은

$$Q=200\times8.2\times10^{7}(\text{kJ})=16.4\times10^{9}\text{kJ}$$

그리고 생산되는 에네르기는

$$A=32\ 000\times24=768\times10^{3}(\text{kW·h})$$

그런데 1kW·h=3 600kJ이므로 기관의 효률 η는

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{768\times10^{3}\times3\ 600}{16.4\times10^{9}} \approx 0.162$$

$$\therefore \eta = 16.2\%$$

43. 열전자 — 진공관
라이만계렬 — 에네르기준위
라우에무늬 — 결정구조
반감기 — 방사성동위원소
빛량자 — 아인슈타인
원자탄 — 핵분렬

44. ㄱ)○ ㄴ)× ㄷ)○ ㄹ)○ ㅁ)× ㅂ)○ ㅅ)× ㅇ)×

45. ㄱ)× ㄴ)○ ㄷ)× ㄹ)× ㅁ)× ㅂ)× ㅅ)× ㅇ)×

46. ㄷ

47. ㄱ

48. ① 가벼운 ② 결합 ③ 안정 ④ 핵분렬 ⑤ 에네르기 ⑥ 가벼운 ⑦ 융합 ⑧ 하나 ⑨ 핵융합반응

49. 핵융합반응이란 가벼운 핵들이 융합되여 무거운 하나의 핵을 이룬다는 결합방식의 측면에서 본것이다.
열핵반응이란 가벼운 핵들이 보다 무거운 하나의 핵으로 융합될 때 거대한 에네르기가 방출되며 반응이 수천만K의 높은 온도에서 진행된다는 측면에서 본것이다.

50. ${}^{2}_{1}D + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{3}_{1}T + {}^{1}_{1}p + 4MeV$

${}^{2}_{1}D + {}^{3}_{1}T \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + 17.6MeV$

${}^{2}_{1}D + {}^{2}_{3}He \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{1}p + 18.3MeV$

51. $M_D = \frac{\mu_D}{N_A} \cdot \frac{Q_1}{q_1}, \quad M_T = \frac{\mu_T}{N_A} \cdot \frac{Q_1}{q_1}$

한편 문제의 조건에 의하여

$$\therefore\ M_D = \frac{A_D}{A_U} \cdot \frac{q_2}{q_1} \cdot M_U = \frac{2}{235} \times \frac{3.2 \times 10^{-11}}{28.2 \times 10^{-13}} \times 10 = 0.966(kg)$$

$$M_T = \frac{A_T}{A_U} \cdot \frac{q_2}{q_1} \cdot M_U = \frac{3}{235} \times \frac{3.2 \times 10^{-11}}{28.2 \times 10^{-13}} \times 10 = 1.45(kg)$$

52. 에네르기를 가장 많이 내놓는 융합반응은

$$_{1}^{2}\mathrm{D}+_{1}^{3}\mathrm{T}\rightarrow_{2}^{4}\mathrm{He}+_{0}^{1}n$$

한번 융합될 때 유리되는 에네르기는

$\Delta E=\Delta mE_0=(m_{\mathrm{D}}+m_{\mathrm{T}}-m_{\mathrm{He}}-m_{\mathrm{n}})\times 931=$

$=(2.014\ 1+3.016-4.002\ 6-1.008\ 67)\times 931\approx 29.9\times 10^{-13}(\mathrm{J})$

헬리움 1kg속에 있는 핵의 개수는

$$N=\frac{mN_A}{M}=\frac{1\times 6.023\times 10^{23}}{4.002\ 6}\approx 1.5\times 10^{26}(\text{개})$$

이만 한 수의 핵이 형성될 때 유리되는 에네르기는

$$E=N\Delta E=1.5\times 10^{26}\times 29.9\times 10^{-13}=4.49\times 10^{14}(\mathrm{J})$$

53. 6.5×10^{11}J

54. ① 전자 ② 빛량자 ③ 원자 ④ 소립자 ⑤ 질량
⑥ 수명 ⑦ 전기량 ⑧ 반립자 ⑨ 전자 ⑩ 소멸 ⑪ γ립자

55.

질량결손	결합에네르기
α선	He원자핵
련쇄반응	원자탄
β선	전자의 흐름
셈관	이온화작용
방사성붕괴	반감기
열핵반응	중성자탄

56. 입사한 γ량자의 에네르기 $h\nu$는 핵의 결합을 파괴하는데와 그 결과 생긴 핵립자들의 운동에네르기로 넘어간다. 그러므로

$$h\nu=\frac{hc}{\lambda}=\frac{6.63\times 10^{-34}\times 3\times 10^{8}}{4.7\times 10^{-13}}=2.64(\mathrm{MeV})$$

$$h\nu=E_{\text{결}}+E_{\text{총}}\rightarrow E_{\text{결}}=h\nu-E_{\text{총}}=2.64-0.46=2.18(\mathrm{MeV})$$

57. ① 양전자 ② 중성자 ③ 전자 ④ 양성자

58. γ립자에 의한 전자쌍발생때 에네르기보존의 법칙은

$$^{\beta^-}E + {}^{\beta^+}E = E_\gamma - 2m_e{}^2c$$

$$\therefore\ 2E = E_\gamma - 2m_ec^2 \rightarrow E = \frac{E_\gamma - 2m_ec^2}{2} = \frac{3-1.05}{2} = 0.99(\mathrm{MeV})$$

59.

강한 호상작용	모든 립자	글류온
전자기호상작용	하드론	포톤
약한 호상작용	대전립자	중력자
중력호상작용	모든 립자	W립자

60.

가벼운핵	불안정
원자핵	중성자
β선	이온화작용
소립자	투과성
셈관	반립자
X선	전자
원자로	감속재

61.

가속장치	핵분렬
중성자	중성자수
련쇄반응	핵반응
반응속도	림계질량
교환립자	소립자

제 7 장

1. 전체 자유전자수 $N = nSl \rightarrow n = \frac{N}{lS}$

한편 $A = Uq = IRq = enSv_0Rq \rightarrow n = \frac{N \cdot mv_0^2/2}{eSv_0Rq}$

우의 두 식으로부터

$$q = \frac{mv_0 l}{seR} = \frac{mv_0 l}{2e\rho \frac{l}{S}} = \frac{mv_0 S}{2e\rho} \rightarrow \bar{q} = \frac{mv_0 S}{4e\rho}$$

2. $I = \frac{\mathscr{E}}{R_1 + R_2} = \frac{\mathscr{E}S}{l(\rho_1 + \rho_2)} = \frac{9.06 \times 10^{-3} \times 3.14 \times 0.04 \times 10^{-6}}{1 \times (1.7 \times 10^{-8} + 50 \times 10^{-8})} = 2.2(\mathrm{mA})$

3. $\mathscr{E} = \alpha(T_1 - T_2) = 400 \times 10^{-6} \times 400 = 16 \times 10^{-2}$

$$n = \frac{\mathscr{E}_{총}}{\varepsilon} = \frac{12}{16 \times 10^{-2}} = 75\ (개)$$

4. $\mathscr{E} = IR_{총} = 1.2 \times 10^{-4} \times (90 + 10) = 120 \times 10^{-4}(\mathrm{V})$

$$\Delta T_1 = \frac{\mathscr{E}}{\alpha} + T_2 = \frac{1.2 \times 10^{-2}}{0.01 \times 10^{-3}} + 0 = 1\,200(^\circ\mathrm{C})$$

5. $m = \rho Sd = kI \cdot \Delta t \rightarrow d = \frac{kI \cdot \Delta t}{\rho S} = \frac{0.3 \times 10^{-6} \times 0.3 \times 5}{8.8 \times 10^3 \times 120 \times 10^{-4}} = 4.26(\mathrm{nm})$

6. $m = k\bar{I} \cdot \Delta t = k\frac{I_0 + \mathrm{I}}{2} \cdot \Delta t = 0.328 \times 10^{-6} \times \frac{3}{2} \times 10 = 4.92 \times 10^{-6}\,\mathrm{kg}$

7. 전해질의 해리는 용질립자(이온)들과 용매의 극성분자들사이의 전기적호상작용과 열운동에 의하여 일어난다. 용매속에 용질이 들어가면 용질립자의 양이온과 음이온사이의 전기적호상작용힘이 용매분자의 전기적호상작용에 의하여 진공속에서보다 $1/\varepsilon$배 약해진다. 그러므로 용질립자를 둘러싼 용매분자의 열운동과 전기적호상작용에 의하여 그것이 해리된다.

전해질의 해리는 용질립자의 양이온과 음이온사이의 전기적호상작

용힘이 작을수록, 용매의 유전률이 클수록, 농도가 높을수록 잘 일어난다.

8. 없다. 그것은 전해질용액속에 있는 양이온과 음이온의 전기량이 크기가 같고 부호가 반대이며 그것들이 용액속에 고르롭게 분포되여 전체적으로 전기를 띠지 않으므로 그 주위에 전기마당이 생기지 않는다.

9. $eEl > E_{이} \rightarrow e\frac{U}{d}l > E_{이}$

$$\therefore\ 1.6\times10^{-19}\frac{12}{1.2\times10^{-2}}\cdot5\cdot10^{-4} > 4.32\times1.6\times10^{-19}$$

$$8\times10^{-19} > 6.9\times10^{-19}$$

10. $e\cdot\frac{U}{d}\cdot l = E \rightarrow U = \frac{Ed}{el}$

11. t 시간동안에 양극에 도달하는 전자수 $N = \frac{It}{e}$

전자 1개가 양극에 주는 운동량 $P = mv$

$$eU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU + mv_0^2}{m}}$$

$$\therefore\ P = mv = \sqrt{m(2eU + mv_0^2)} \rightarrow P_N = NP = \frac{It}{e}\sqrt{m(2eU + mv_0^2)}$$

한편 $P_N = Ft$

$$\therefore\ F = \frac{P_N}{t} = \frac{I}{e}\sqrt{m(2eU + mv_0^2)}$$

12. 세기가 변하지 않는다. 지내 가까이하면 독립방전이 일어난다.

13. 기체방전이 일어나지 않는다. 그것은 자유전자가 전기마당에 의하여 가속된 다음 기체분자와 충돌해야 하지면 지나치게 압력이 낮아지면 아무리 가속된 전자라고 해도 기체분자와의 충돌이 일어나지 않기때문이다. 이것은 기체속에 전류를 이루는 전기나르개가 생기지 않는다는것을 의미한다.

14. 전자, 충돌, 압력, 증가, 전자, 재결합

15. 4.8×10^{-16}J, 0.32×10^{8}m/s

16. 호광방전시 방출된 열전자들이 가속되여 양극을 때려 음극보다 높은 온도로 가열되므로 양극에서 탄소물질이 세게 증발되기때문이다.

17. 우뢰란 번개나 벼락이 칠 때 나는 소리이다. 번개나 벼락은 대전된 구름에 의하여 일어난다. 대전된 구름은 구름속의 물방울들이 빠른 속도로 올라오는 공기와 충돌할 때 양이온과 음이온으로 갈라지면서 생긴다. 그런데 겨울날에는 주로 공기의 올리흐림이 잘 일어나지 않는다. 따라서 번개가 잘 일어나지 않으며 우뢰소리도 들을수 없다.

18. ㄱ) 건조한 공기속에도 약간한 이온들이 있으며 따라서 전지의 전기량들이 공기속으로 나가기때문이다.

ㄴ) 박검전기의 금속구부분의 공기가 이온화되기때문이다.

19. ㄱ) $\frac{3}{2}kT = E$

$$T = \frac{2\times E}{3k} = \frac{2\times1.5\times1.6\times10^{-19}}{3\times1.38\times10^{-23}} = 1.16\times10^{4}(\text{K})$$

ㄴ) $E = h\nu \rightarrow \nu = \frac{E}{h}$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{E} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.5\times1.6\times10^{-19}} = 8.28\times10^{-7}(\text{m})$$

20. $\lambda_1 - \lambda_2 = 0.38\times10^{-7}\,\text{m}$, $\quad 2\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = 3\times10^{-7}\,\text{m}$

웃식들로부터 $\lambda_1 = 1.69\times10^{-7}(\text{m})$, $\lambda_2 = 1.31\times10^{-7}(\text{m})$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_2} - \frac{hc}{\lambda_1} =$$

$$= \frac{\left(1.69\times10^{-7} - 1.31\times10^{-7}\right)\times6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.69\times10^{-7}\times1.31\times10^{-7}} = 3.4\times10^{-19}(\text{J})$$

21. 금지띠를 기준으로 가른다.

금지띠가 없는것은 도체, 금지띠폭이 작은것은 반도체, 금지띠폭이 넓은것은 부도체이다.

22. 약 1.85×10^{-8}m

23. $n_{원} = \frac{N_a \cdot \rho}{\mu} = \frac{6.023\times10^{23}\times5.32\times10^{3}}{0.072\ 6} \approx 4.4\times10^{28}(\mathrm{m}^{-3})$

$$\frac{n}{n_{원}} = \frac{3\times10^{19}}{4.4\times10^{28}} = 6.8\times10^{-10}(\%)$$

24. $n_{\mathrm{si}} = \frac{\rho_1 \cdot N_A}{\mu_{\mathrm{si}}}\cdot\frac{1}{10^{12}} =$

$$= \frac{2.34\times10^{3}\times6.023\times10^{23}}{28.6\times10^{-3}\times10^{12}} \approx 4.9\times10^{16}(\mathrm{m}^{-3})$$

$n_{\mathrm{Ge}} = \frac{\rho_2 \cdot N_A}{\mu_{\mathrm{Ge}}}\cdot\frac{1}{10^{9}} =$

$$= \frac{5.32\times10^{3}\times6.023\times10^{23}}{72.6\times10^{-3}\times10^{9}} \approx 4.4\times10^{19}(\mathrm{m}^{-3})$$

25. $\frac{3}{2}kT_{\mathrm{si}} = \Delta E_{\mathrm{si}}$

$$\therefore T_{\mathrm{si}} = \frac{2\Delta E_{\mathrm{si}}}{3k} = \frac{2\times1.21\times1.6\times10^{-19}}{3\times1.38\times10^{-23}} = 0.93\times10^{4}(\mathrm{K})$$

$\frac{3}{2}kT_{\mathrm{Ge}} = \Delta E_{\mathrm{Ge}}$

$$\therefore T_{\mathrm{Ge}} = \frac{2\Delta E_{\mathrm{Ge}}}{3k} = \frac{2\times0.78\times1.6\times10^{-19}}{3\times1.38\times10^{-23}} = 0.6\times10^{4}(\mathrm{K})$$

26. $E_{\mathrm{si}} = -\frac{Z^3ke^2}{2\varepsilon_{\mathrm{si}}r} = -\frac{2\ 744\times9\times10^{9}\times(1.6\times10^{-19})^2}{2\times1\times0.053\times10^{-9}} = -0.59\times10^{-14}(\mathrm{J})$

$$E_{\mathrm{Ge}} = -\frac{Z^3ke^2}{2\varepsilon_{\mathrm{Ge}}r} = -\frac{32\ 768\times9\times10^{9}\times(1.6\times10^{-19})^2}{2\times16\times0.053\times10^{-9}} = -0.44\times10^{-14}(\mathrm{J})$$

27. 열을 주거나 빛을 주는 방법으로 변화시킬수 있다.

28. 순수반도체에서는 같은 수의 전자와 구멍이 전도에 참가하지만 혼입물반도체에서는 기본전기나르개가 전도에 참가한다.

29. 띠리론의 견지에서 보면 고유반도체는 금지띠가 있고 n형반도체는 금지띠안에 주개준위가 있으며 p형반도체는 금지띠안에 받개준위

가 있다.

30 전류의 세기는 0이 아니다. 그것은 구멍 즉 《+》전기량이 움직인다는것은 구멍이 전자를 끌어당겨 메꾸면서 옮겨가므로 결국 전자가 그 반대방향으로 움직여가는것과 같다. 그러므로 p−n 이음에서 전류는 이 두 전기나르개에 의한 전류의 세기의 합으로 결정된다.

31. p−n 이음에 생긴 전기마당은 기본전기나르개의 운동을 방해하고 비기본전기나르개의 운동을 가속시킨다. 그것은 p−n 이음에서 전기마당은 n형반도체에서 p형반도체쪽으로 작용하기때문이다.

32. D는 열리고 D_1 는 닫긴다. 따라서 전류의 방향은 화살표방향으로 흐른다. 전원의 극을 바꾸어 이으면 D가 닫긴다. 즉 전류는 흐르지 못한다.

33. ㄱ) $U_{AC}=U_{AB}+U_{BC}=U_{바}+IR$

$$\therefore I=\frac{U_{AC}-U_{바}}{R}$$

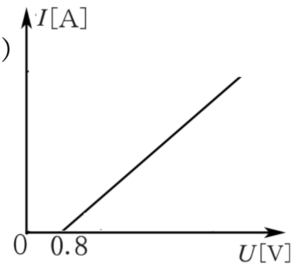
ㄴ) $U_{AC}=U_{AB}+IR=$

$=0.8+3\times10^{-2}\times100=3.8(V)$

ㄷ) $U_{AC}=U_{바}+IR=0.8+100I$

ㄹ) $\mathcal{E}=U_{바}+IR+Ir$

$$I=\frac{\mathcal{E}-U_{바}}{R+r}=\frac{4.5-0.8}{100+200}=\frac{3.7}{300}=12.3(mA)$$



$U_{AB}=U_{바}=0.8V$

$U_{BC}=IR=12.3mA\cdot100\Omega=1.23V$

$U_{AC}=U_{바}+IR=0.8+1.23=2.03(V)$

34. 바른방향의 최대전류 0.625A

거꿀방향의 최대전류 0.125A

35. ㄱ) 두 저항이 같으므로 매 저항에 10V의 전압강하가 생긴다.

2극소자에 전류가 흐르지 않는다면 A점의 전위는 -5V이다. 2극소자의 량끝에 -5V, 0V의 바른방향의 전압이 걸리므로 소자에 전류가 흐른다. 이때 A점의 전위는 -0.6V로 된다.

ㄴ) 2극소자에 바른방향의 전압이 걸렸으므로 전류가 흐르면서 소자가 열린다. 즉

$$U_{\mathrm{B}} = -0.6\mathrm{V},\ U_{\mathrm{A}} = -1.2\mathrm{V}$$

36. pnp형3극소자의 기초극에 －, 수전극에 －, 방사극에 ＋전압을 걸어주어야 한다.

ㄱ) $U_{\mathrm{A}} = \dfrac{10}{2} = 5\mathrm{V} > 0$: 닫긴다 ㄴ) $U_{\mathrm{A}} = 6\mathrm{V} > 0$: 닫긴다

ㄷ) $U_{\mathrm{A}} = 0\mathrm{V}$: 닫긴다 ㄹ) $U_{\mathrm{A}} = -5\mathrm{V} < 0$, $U_{\mathrm{C}} = -10\mathrm{V} < 0$:열린다

38. 한편 $\mathscr{E} = IR + U_0$

종이 울릴 때 $I = \dfrac{U_0}{R_0} = \dfrac{6}{20} = 0.3(\mathrm{A})$

$$\mathscr{E} = IR + IR_0 = I(R + R_0) = IR + U_0$$

$$\therefore\ IR = \mathscr{E} - U_0 \ \rightarrow\ I \cdot 200(1 - 10^{-2}t) = \mathscr{E} - U_0$$

$$\therefore\ t = 10^2\left(1 - \frac{\mathscr{E} - U_0}{200I}\right) = 100 - \frac{12-6}{2\times 0.3} = 90(^\circ\mathrm{C})$$

제 8 장

1. ① 산화 ② 확산 ③ 부식 ④ 소자 ⑤ 저항 ⑥ 축전기 ⑦ 기능

2. ① 집적소자 ② 주개 ③ 받개 ④ 길 ⑤얄 ⑥ 2극소자 ⑦ 3극소자 ⑧ 저항 ⑨ 회로

3. ㄴ

4. ㄹ

5. ① 기체 ② 분자 ③ 원자 ④ 충돌 ⑤ 이온 ⑥ 완전히 ⑦ 중성 ⑧ 네번째 ⑨ 플라즈마

6. ㄷ

7.

소규모집적소자	론리
신형집적소자	10개
수자형집적소자	10만개
초대규모집적소자	변조
플라즈마	이온화
극광현상	중성상태

8 ㄱ

9.

플라즈마트론	기체방전관
고온플라즈마	TV수상관
활성원자준위	구멍뚫기
전자찬빛	조종열핵반응
저온플라즈마	찬빛

10. ㄱ)× ㄴ)×

11. ㄴ, ㅁ

12. ㄱ

13.

집적소자	자기류체력학식발전기
저온플라즈마	찬빛물질
류화아연	빛의 증폭
레이자	정상파
공진기	단결정

14. ㄱ)× ㄴ)○ ㄷ)○ ㄹ)×

15. ㄴ

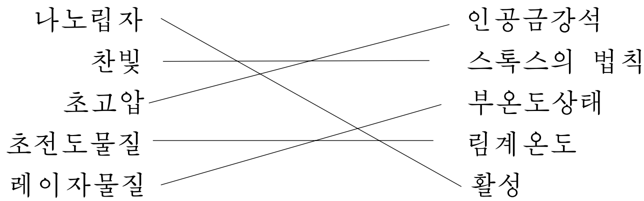
16. ① 진동수 ② 평행 ③ 증폭 ④ 간섭 ⑤ 에돌이 ⑥ 파면사진 ⑦ 직진 ⑧ 파장

17. ㅁ

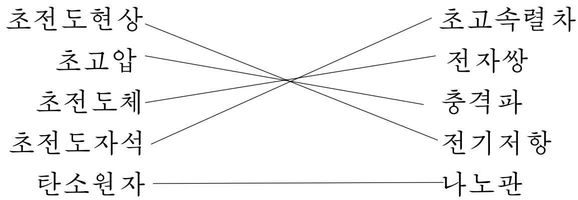
18. ㄴ

19. ① 2～3 ② 높은 ③ 압력 ④ 독특한 ⑤ 물리학

20.



21.



22. ㄱ

23. ㄹ

24. ㄹ

물리문제집
(제1중학교 제6학년)

집 필 **리경치, 우국남, 최정수** 심 사 **리익선, 김철룡, 신현철**

편집 및 콤퓨터편성 **김영숙**

장 정 **리평남** 교 정

낸 곳 **교육도서출판사**

인쇄소

인 쇄 주체101(2012)년 월 일 발 행 주체101(2012)년 8월19일

교-12-보-853 값